

Patrick Wienecke

Optimierung der Füllmenge eines Chipkartenbehälters

BACHELORARBEIT

HOCHSCHULE MITTWEIDA

---

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Fakultät Maschinenbau

Mittweida, 2010

Patrick Wienecke

Optimierung der Füllmenge eines Chipkartenbehälters

eingereicht als

BACHELORARBEIT

an der

HOCHSCHULE MITTWEIDA

---

UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Maschinenbau

Chemnitz, 2010

Erstprüfer: Prof. Dr.-Ing. Uwe Mahn

Zweitprüfer: Dipl.-Ing. <sup>(FH)</sup> Gunter Rabe

Vorgelegte Arbeit wurde verteidigt am: Oktober 2010

#### Bibliografische Beschreibung:

Wienecke, Patrick

Optimierung der Füllmenge eines Chipkartenbehälters, 2010, Chemnitz, 38 Seiten

Hochschule Mittweida, Fakultät Maschinenbau, Bachelorarbeit 2010

#### Referat:

Die vorliegende Bachelorarbeit befasst sich mit dem konstruktiven Problem der Baugruppe „Chipkartenbehälter“ des Kassenautomaten GEAHM der Firma bks Rabe GmbH. Das Ziel ist dabei das Erreichen der ausschreibungsgerechten Füllmenge von 1.500 Chipkarten je Behälter, unter Berücksichtigung der vorgegebenen Geometrien. Nach dem Ausarbeiten, Zusammenfassen und Vergleichen verschiedener Lösungsansätze, wird die favorisierte Variante tiefgehend dokumentiert.

## Sperrvermerk

Die vorliegende Bachelorarbeit beinhaltet interne vertrauliche Informationen der Firma bks Rabe GmbH. Die Weitergabe des Inhalts der Bachelorarbeit im Gesamten oder in Teilen, sowie das Anfertigen von Kopien oder Abschriften – auch in digitaler Form – sind grundsätzlich untersagt. Ausnahmen bedürfen der schriftlichen Genehmigung der Firma bks Rabe GmbH.

Chemnitz, den 13.09.10

Ort, Datum

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'G. Rabe', is positioned above the 'Unterschrift' label.

Unterschrift

# Inhaltsverzeichnis

Sperrvermerk .....	II
Inhaltsverzeichnis .....	III
Abkürzungsverzeichnis .....	V
Abbildungsverzeichnis .....	VI
Tabellenverzeichnis .....	VII
Diagrammverzeichnis .....	VII
1     Einleitung .....	1
1.1     Hintergrund und Motivation .....	1
1.2     Zusammenfassung der Aufgabenstellung .....	2
2     Stand der Technik .....	3
2.1     Erläuterung des bisherigen Systems .....	3
2.2     Der Vergleich zum neuen System .....	4
3     Analyse und Problemstellung .....	5
3.1     Analyse des aktuellen Systems .....	5
3.1.1     Produktmerkmale des Chipkartenlesers .....	5
3.1.2     Ermittlung der maximalen Aufnahme an Chipkarten .....	7
3.1.3     Das Flugverhalten einer Chipkarte .....	10
3.2     Schlussfolgerungen .....	15
4     Ausarbeitung verschiedener Varianten .....	17
4.1     Vorüberlegungen und Kriterien .....	17
4.2     Liftsystem .....	18
4.2.1     Der Transport als grundlegendes Problem .....	18
4.2.2     Aufbau .....	23
4.2.3     Funktionsweise .....	24
4.2.4     Probleme .....	24
4.2.5     Lösungsansätze .....	25

4.3	Magnetismus .....	27
4.3.1	Aufbau .....	27
4.3.2	Funktionsweise .....	28
4.3.3	Probleme.....	29
4.3.4	Lösungsansätze.....	29
4.4	Ablenkssystem.....	30
4.4.1	Aufbau.....	30
4.4.2	Funktionsweise .....	31
4.4.3	Problem.....	31
4.4.4	Lösungsansätze.....	32
5	Zusammenfassung und Ergebnis.....	34
5.1	Zusammenfassung und Variantenvergleich.....	34
5.2	Ergebnis .....	35
5.3	Funktionstest und Ausblick .....	36
Anlagen .....		i
Literaturverzeichnis.....		xi
Selbstständigkeitserklärung .....		xii

## **Abkürzungsverzeichnis**

GEAHM .....	Gebühren, Einzahler, Auszahler, Hinterlader, Modulbauweise
MIFARE .....	Micron Fare Collection System
RFID .....	Radio Frequency Identification
GEA.....	Gebühren, Einzahler, Auszahler
CKL .....	Chipkartenlesegerät (Chipkarten – Kontaktiereinheit)

## Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Chipkartenbehälter des GEA-F .....	3
Abbildung 2: Schematische Darstellung des neuen Systems.....	4
Abbildung 3: Problem bei der Befüllung .....	4
Abbildung 4: Frontansicht der Chipkarten - Kontaktiereinheit 869.....	7
Abbildung 5: Destabilisierung des Chipkarten-stapels bei Erhöhung der Menge um je 50 Karten .....	8
Abbildung 6: Formabweichung beim Chipkartenbehälter .....	10
Abbildung 7: Aufbau der Flugtests .....	10
Abbildung 8: Test der Gleiteigenschaften.....	19
Abbildung 9: Bestimmung der Reibung.....	21
Abbildung 10: Grundplatte mit Rollen und Verbindungselemente .....	22
Abbildung 11: Schema des Liftsystems .....	23
Abbildung 12: Bewegungsrichtung des Seiles.....	25
Abbildung 13: Beispiel eines Schrittgetriebes .....	25
Abbildung 14: Übersicht der Einfahrssysteme .....	26
Abbildung 15: Schema des Magnetismussystems .....	27
Abbildung 16: Variante der Querstrebe.....	30
Abbildung 17: Schema des Aufsatzes.....	31
Abbildung 18: Aufbau von Gleitlacken .....	32
Abbildung 19: Testaufbau .....	36
Abbildung 20: Ergebnis des Dauertests .....	37



## Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Vergleich der Chipkartenleser .....	6
Tabelle 2: Eigenschaften einer Chipkarte.....	8
Tabelle 3: Vergleich der Chipkartenbehälter .....	9
Tabelle 4: Grundlagentest des Flugverhaltens .....	11
Tabelle 5: Ermittlung der Flugbahn .....	13
Tabelle 6: Ermittlung der Fallgeschwindigkeiten (Angaben in s) .....	15
Tabelle 7: Test der Gleiteigenschaften.....	19
Tabelle 8: Haft- und Gleitreibungszahlen .....	21
Tabelle 9: Variantenvergleich.....	35

## Diagrammverzeichnis

Diagramm 1: Vergleich der theoretischen und tatsächlichen Flugbahn .....	14
--	----

# 1 Einleitung

## 1.1 Hintergrund und Motivation

Geldautomaten etablierten sich erst Ende der 60er Jahre auf dem internationalen Markt. An die Verwendung von Chipkarten war damals jedoch noch nicht zu denken, sodass Lochkarten zur Identifikation und Angabe des Auszahlungsbetrages verwendet wurden. Im Laufe der Zeit hatte sich die EDV- und IT-Technik sehr schnell weiterentwickelt und sich somit auch in den Kommunen und Energieversorgern etabliert (3).

Seit Mitte der 90er Jahre ist die Firma bks Rabe in dem Marktsektor der Kassen- und Geldtechnikautomaten als Dienstleister tätig. Nach einigen Jahren wurde die Entwicklung eines eigenen Projektes ins Leben gerufen. Daraufhin erblickte der Kassenautomat mit der Bezeichnung GEAHM erstmals im Jahr 2006 das Licht der Welt. In diesen Automaten sollten die eigenen Erfahrungen so integriert werden, dass ein Großteil der Geräte einer standardisierten Fertigung unterliegt. Diese Überlegung war die Grundlage für die Entscheidung zur Modulbauweise.

Auf Grund der Kooperation mit CROWN Technologies GmbH ist eine einfache Eingliederung in das bestehende Sortiment nur schwer möglich. So fungiert bks Rabe als Vertriebspartner für CROWN Technologies, wodurch eine Abhängigkeit entstanden ist, die mit der Eigenentwicklung abgewendet werden soll. Eine kontinuierliche Weiterentwicklung ist somit unabdingbar, um eine langfristige Erhöhung der Marktpräsenz des eigenen Automaten zu gewährleisten. Das Unternehmen sieht deshalb in der Entwicklung des GEAHM nicht nur eine neue Produktlinie, sondern auch den Weg in die Unabhängigkeit. Durch dieses Vorhaben steht die Optimierung im Bezug zu den bestehenden Automatentypen an primärer Stelle.

Eine der Optimierungen wird in der vorliegenden Bachelorarbeit näher betrachtet. Der Automat GEAHM besitzt als Kassenautomat einen Chipkartenbehälter. Die Menge der anfallenden Kassenkarten ist dabei von der Wahl der Zahlungsvariante (siehe Auszug) und der Menge an Besuchern abhängig.

### Variante Zahlung mittels ausgehändigter Kassenkarte

*Der Bürger / Kunde gibt die Kassenkarte in den Automaten ein. Der Automat zeigt den zu zahlenden Betrag an. Der Bürger / Kunde zahlt den angezeigten Betrag entweder in Banknoten oder Münzen bzw. beides gemischt ein. Alternativ kann (bei Vorhandensein der Option EC-Cash) die Auswahl bar oder EC-Cash getroffen werden. Dabei wird der Benutzer mit Hilfe der Animationsgrafik des Farb-TFT intuitiv durch die Bedienung des Automaten geführt, so dass weitere Bedienungs-*

*beschreibungen am Gerät überflüssig werden. Die erreichte Zahllhöhe wird sofort nach Akzeptanz des jeweiligen Geldes angezeigt. Bei Erreichen des Gesamtzahlbetrages werden die Geldannahmeaggregate gesperrt und der Benutzer erhält seine Quittungen / Belege. Wurde durch Eingabe eines größeren Geldwertes als die Zahllhöhe eine Überzahlung erzeugt, so erhält der Benutzer das überzahlte Geld in Form von Münzen oder bei höheren Wechselgeldbeträgen auch in Form von Banknoten zurück. Nach Abschluss des Zahlungsvorganges wird die Kassenkarte vom Automaten eingezogen und kann somit direkt nach der Entnahme aus dem Automaten für weitere Vorgänge verwendet werden.*

Auszug aus der Dokumentation des GEAHM, Kapitel 3.1

Im GEAHM tritt gegenüber den bestehenden Automaten ein Problem auf, dass es zu lösen gilt. So erreicht bks Rabe nicht die in der Dokumentation geforderte Füllmenge von 1.500 Kassenkarten, sondern nur den Bruchteil von 250 Stück. Dies hat zur Folge, dass der Chipkartenbehälter in kurzen Zeitintervallen – teilweise täglich – geleert werden muss. Der Leidtragende ist in solch einem Fall der Bürger, der einen längeren Aufenthalt bzw. ein Wiedererscheinen in Kauf nehmen muss.

*Motorischer Kassenkartenleser mit Einbehaltmöglichkeit der Karte und Kartenbox für ca. 1.500 Karten. Mit Erkennungseinheiten für chipkontaktierte und berührungslose RFID - Kassenkarten (MIFARE).*

Auszug aus der Dokumentation des GEAHM, Kapitel 2.1

Die Einführung neuer Chipkartenlesegeräte für chipkontaktierte und berührungslose Kassenkarten verstärkte das Problem abermals. An dem alten System konnte auf Grund der neuen Technologie nicht festgehalten werden und der Bezug eines anderen Lesegerätes konnte durch die bereits erwähnte Abhängigkeit von CROWN Technologies nicht realisiert werden.

## **1.2 Zusammenfassung der Aufgabenstellung**

Die Aufgabenstellung ist so definiert, dass unter den vorhandenen Bedingungen und ohne einem Eingriff in die Elektrik, die Erfüllung der in der Dokumentation angegebenen Füllmenge von 1.500 Kassenkarten einzuhalten ist. Dabei steht der Vergleich mehrerer Lösungsvarianten im Vordergrund. Unter Verwendung selbstgewählter Randbedingungen ist zum Schluss eine Variante zu favorisieren.

## 2 Stand der Technik

### 2.1 Erläuterung des bisherigen Systems

Als System wird im Folgenden die Baugruppe bezeichnet, die für die Aufnahme, das Auslesen und die Aufbewahrung der Kassenkarten benötigt wird (siehe Abbildung 1). Zur Betrachtung des alten Systems wird exemplarisch der Automatentyp GEA, inklusive des Chipkartenlesegeräts 849, herangezogen. Dieser wird von bks Rabe über CROWN Technologies bezogen und jeweils kundenspezifisch umgerüstet. Das Problem der Aufbewahrung der Kassenkarten tritt bei diesem System nicht auf. Um die Ursachen dafür zu lokalisieren, wird zunächst der grundlegende Aufbau erläutert.



Den Automatentypen GEA gibt es in zwei verschiedenen Varianten. Zum Einen in der Front-Variante (GEA-F) und zum Zweiten in der Rear-Variante (GEA-R). Bei den Abmaßen sind keine Unterschiede vorhanden. Jedoch ist die Anordnung der einzelnen Baugruppen auf Grund der unterschiedlichen Ausrichtung zur Be- und Entladung nicht identisch. Auf die Funktionsweise des Kartenlesers hat dies aber keinen Einfluss, weshalb im Folgenden nicht mehr auf die genaue Benennung eingegangen wird.

Abbildung 1: Chipkartenbehälter des GEA-F

Ein großes Problem des GEA ist jedoch die unkontinuierliche Bauweise. So finden sich die verschiedenen Aggregate je nach Konfiguration in anderen Dimensionierungen, sowie an unterschiedlichen Platzierungen wieder. In der Beschreibung des GEA ist daher lediglich *vom motorischen Chipkartenleser mit Shutter<sup>1</sup> Einbehaltfunktion, auch für kontaktlose Karten<sup>2</sup>* die Rede. Der GEA wird standardmäßig mit dem Chipkartenlesegerät Chipkarten – Kontaktiereinheit (CKL) 849 der Firma ddm hopt & schuler GmbH & Co. KG ausgeliefert. Im dritten Kapitel wird dargelegt, dass schließlich dieser Chipkartenleser für die Problematik verantwortlich ist, denn der Entwicklung des GEAHM lag unter anderem die Struktur des GEA zu Grunde.

<sup>1</sup> Verschluss zum Schutz vor Vandalismus und Verunreinigungen.

<sup>2</sup> Auszug aus der Produktbeschreibung des GEA-R der CROWN Technologies GmbH.

## 2.2 Der Vergleich zum neuen System

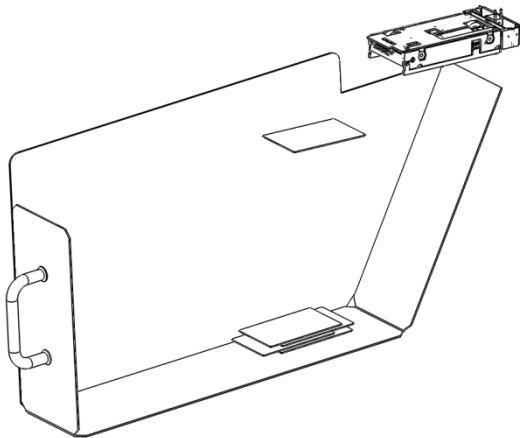


Abbildung 2: Schematische Darstellung des neuen Systems

Die Entscheidung zur Entwicklung eines eigenen Automaten lag nicht nur in der wirtschaftlichen Unabhängigkeit begründet, sondern auch in der Verbesserung der Montage der einzelnen Aggregate und einer vereinfachten Umrüstung bei Neuentwicklungen. Beim GEAHM wurde deshalb auf einen standardisierten Aufbau geachtet. Auf Grund der Vielzahl an Konfigurationen wurde sich für eine Modulbauweise entschieden. Dabei sind sämtliche Erfahrungen und eigene Vorstellungen eingeflossen. Doch gerade bei

dem Einbau neuer Technologien sind einige Schwierigkeiten aufgetreten, welche bei der Planung des GEAHM nicht berücksichtigt wurden. So entwickelte hopt & schuler für die Chipkarten - Kontaktiereinheit 869 neben der Leseinheit zur Akzeptanz der RFID-Technologie auch die komplette Mechanik neu, sodass Rückschlüsse auf die Funktionsweise des alten Systems nicht mehr galten.

Die Angabe der Füllmenge der Chipkartenbehälters in der Dokumentation des GEAHM verpflichtet bks Rabe dazu, bei einem Mangel, eine entsprechende Optimierung durchzuführen. Zu Beginn der Einführung des GEAHM wurden vom Kunden jedoch keine Mängel bezüglich der Füllmenge beanstandet. Dies ist auf eine geringe Benutzung bzw. auf die regelmäßige Entladung durch den Kunden zurückzuführen.

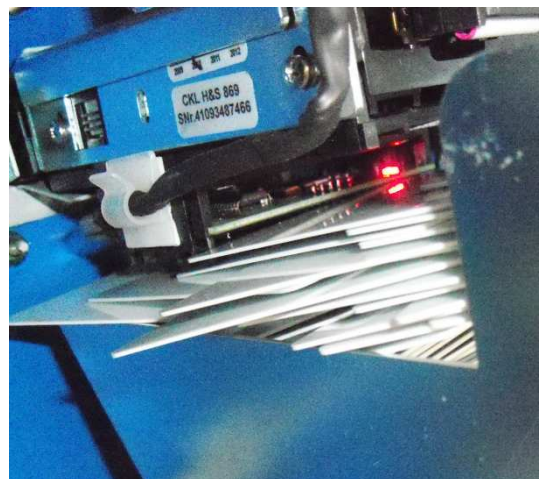


Abbildung 3: Problem bei der Befüllung

Mit der Zeit kam es allerdings zu Beschwerden, dass bezüglich der Füllmenge eine Überarbeitung des Chipkartenbehälters notwendig ist. Die Abbildung 3 zeigt das Problem des aktuellen Systems, wobei sich die Chipkarten am vorderen Teil des Behälters stapeln. Dies verhindert nicht nur die optimale Verteilung der Chipkarten, sondern verursacht falsche Lesevorgänge durch den Chipkartenleser.

## 3 Analyse und Problemstellung

### 3.1 Analyse des aktuellen Systems

Der Erklärung des neuen Systems folgt nun die Ausgangsanalyse. Dieser Schritt ist notwendig, um den Schwerpunkt des Problems genau zu identifizieren und somit eine sinnvolle Optimierung durchgeführt werden kann. Im Mittelpunkt der Betrachtung steht die Frage, ob die geforderte Anzahl an Chipkarten überhaupt aufgenommen und wie dies beeinflusst werden kann. Dies erfolgt unter anderem mit Hilfe von Berechnungen, sowie praktischen und virtuellen Tests.

Überprüft werden folgende Punkte:

- wichtigste technische Produktmerkmale der Chipkartenleser
- Volumen der einzelnen Komponenten
- prinzipielles Flugverhalten von Chipkarten

#### 3.1.1 Produktmerkmale des Chipkartenlesers

Dem Abschnitt 2.1 ist zu entnehmen, dass im alten System der Chipkartenleser Chipkarten - Kontaktiereinheit 849 eingesetzt wird. In der Beschreibung des Herstellers ist folgendes zu lesen

*Eine motorisch betriebene Chipkarten-Kontaktiereinheit in den Abmessungen 21 x 62 x 127 mm für Karten gemäß ISO oder CP 8. Durch absenkende Kontakte wird ein Schleifen auf den Chipkontaktf lächen vermieden. Eine Ausgabe der Karte nach hinten (pull-through) ist möglich. Die Einheit wurde entwickelt, um anwenderfreundliche Applikationen im gesamten Bereich der Anwendungen der Chipkarte zu ermöglichen: automatische Debitstationen, Ein- und Ausgabestationen für Karten, POS- Systeme uvm.*

Produktbeschreibung des 849, hopt-schuler.de

Die erwähnte *pull-through* – Option ermöglicht erst die angestrebte Funktionsweise der Automaten, wobei eine Kassenskarte an den Bürger übergeben wird, auf der ein bestimmter Betrag und eine zugewiesene Kassenummer gespeichert wird. Um dem Bürger einen kurzen Aufenthalt am Automaten zu gewährleisten, wird die Kassenskarte nach Abschluss der Zahlung automatisch eingezogen und im Chipkartenbehälter aufbewahrt.

Auf Grund der Vorgabe, dass Form und Lage der vorhandenen Teile nicht verändert werden dürfen, ist die Auswirkung des Chipkartenlesers bei der Ermittlung der Optimierungsvarianten von entscheidender Bedeutung.

Der Vergleich zwischen den Chipkartenlesern 849 und 869 ist ebenso für die Beantwortung der Frage relevant, warum es bei dem alten System nie zu einer Beschwerde über eine zu geringe Aufnahme an Kassenkarten kam. Denn dies führte dazu, dass bei der Entwicklung des GEAHM und dem dabei durchgeführten Wechsel des Chipkartenlesers, keine nähere Untersuchung folgte und nun nachgeholt werden muss.

<b>Chipkarten - Kontaktiereinheit</b>		
	<b>849</b>	<b>869</b>
Hersteller	ddm hopt & schuler	ddm hopt & schuler
Kartengeschwindigkeit	240 mm/s. $\pm$ 20%	200 mm/s
Abmessungen	(21 x 62 x 127) mm	(26 x 62 x 125) mm
Lebensdauer	150.000 Zyklen	500.000 Zyklen
Gewicht	ca. 180 g	ca. 150 g
Kontaktierung	ISO 7816	ISO 7816
Antrieb	DC Motor, 0-Ringe	0,3-0,5 N
Versorgungsspannung	5 V DC, 10 mA	5 V DC, 500 mA
	12 V DC, 1 A	12 V DC, 1 A
Durchgangswiderstand	<100 m $\Omega$	<100 m $\Omega$
Isolationswiderstand	10 <sup>12</sup> $\Omega$	10 <sup>12</sup> $\Omega$
Stossspannung	800 V	800 V
Verschmutzungsgrad	2	2
Luftstrecke	>1,4 mm	>1,4 mm
Kriechstrecke	1,4 mm	0,3 mm
Kontaktkapazität	<3 pF	<5 pF
Betriebstemperatur	5-55 °C	5-50 °C
Luftfeuchtigkeit	10-90%	10-90%
Luftdruck	70-106 kPa	70-106 kPa
Mechanisch aktive Stoffe	EN 60721-3-2	EN 60721-3-3
Einzugskraft der Karte	3,5 - 4,0 N	
Lebensdauer der Karte	min. 2000 Zyklen	
Vibration	100 - 500 Hz, 2,5g, 0,35 mm	
Schock	<10 g, 11 msec., 3 per x,y,z	
Salzsprühtest	5%, 48h	

Tabelle 1: Vergleich der Chipkartenleser

Aus dem Vergleich in Tabelle 1 ist ersichtlich, dass die Kartengeschwindigkeit des neuen Chipkartenlesers im Schnitt 40 mm/s (ca. 17%) langsamer als beim Vorgänger ist. Gleichzeitig verringert sich die Wartungsintensität auf Grund der erhöhten Lebensdauer.

Diese beiden Fakten besitzen einen großen Einfluss auf die Funktionalität des Chipkartenlesers. So führt die Geschwindigkeitsreduzierung zur schlechteren Verteilung im Chipkartenbehälter und die geringe Wartungsintensität zur Erhöhung der Kartenmenge. Wie schon erwähnt, ist ein einfacher Austausch zum Vorgänger nicht möglich.

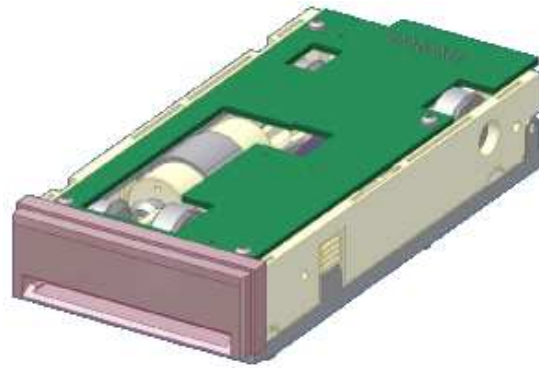


Abbildung 4: Frontansicht der Chipkarten - Kontaktiereinheit 869

Auf Grund der Abhängigkeit von CROWN Technologies, und im Besonderen deren Software, ist die Verwendung eines Chipkartenlesers einer anderen Firma ebenfalls nicht möglich. Einzig der Eingriff in die Drehzahl des Elektromotors mit Hilfe der Erhöhung der Spannung von 12 V auf 14 V ist möglich, wodurch sich die Kartengeschwindigkeit erhöht. Jedoch hat dies so geringe Auswirkungen, dass in keiner Weise eine Veränderung festzustellen ist. Durch diesen Umstand ist ersichtlich, dass eine konstruktive Lösung gefunden werden muss.

### 3.1.2 Ermittlung der maximalen Aufnahme an Chipkarten

Die Ermittlung der maximalen Aufnahme an Chipkarten dient zum Einen zur Beantwortung der Frage, ob die angestrebte Anzahl von 1.500 Chipkarten überhaupt möglich ist und zum Zweiten zur Minimierung der Auswahl an Varianten auf eine sinnvolle Menge. Dazu sind zwei Komponenten interessant und werden im Folgenden näher untersucht.

#### Entwicklung und Eigenschaften der Chipkarte (2)

Seit der Erfindung der Chipkarten gab es viele verschiedene Weiterentwicklungen. Gegenüber den Kategorien der Speicher- und Prozessorkarten ist die der kontaktlosen Karte<sup>3</sup> relativ neu auf dem Markt. Die kontaktlosen Karten erobern ihn aber trotz massiver Kritik aus datenschutzrechtlichen Gründen mit zunehmendem Tempo und ist unter anderem ein Grund für die Entwicklung des neuen Chipkartenlesers. Die verschiedenen Karten besitzen trotz ihrer technischen Unterschiede viele Gemeinsamkeiten. Dies ist für die vereinfachte Handhabung notwendig geworden.

---

<sup>3</sup> Auch bekannt als MiFare-Karten, welche die umstrittene RFID-Technik Verwenden.



So wurden kurz nach der Einführung der Chipkarten die ersten ISO-Normen herausgegeben. Zurzeit sind unter ISO 7810 bis 7816 sämtliche Normen festgehalten. Dabei wird die geometrische Form genauso abgehandelt, wie die Positionierung der Prozessoren oder Antennen. Diese Normen dienen im Folgenden als Berechnungsgrundlage.

Chipkarte	
nach ISO 7816	
allgemeine Bestimmungen ab 7810	
Hersteller	beliebig
Abmessung	(53,98 x 85,6 x 0,76) mm
Gewicht (ermittelt)	ca. 5,2 g
Fläche <sup>4</sup>	46,21 cm <sup>2</sup>
Volumen <sup>4</sup>	3,51 cm <sup>3</sup>
Dichte	1,48 g/cm <sup>3</sup>

Tabelle 2: Eigenschaften einer Chipkarte

Tabelle 2 beinhaltet neben den wichtigen Abmaßen noch das Gewicht. Dieses ist nicht in der ISO hinterlegt, da die Chipkarten bekannter Weise von jedem Herausgeber individuell bedruckt werden. Wie sich zeigen wird, beeinflusst dieser Aufdruck weniger die Flugbahn, sondern verhindert eine bessere Verteilung der Karten durch die Reibung. Weiterhin spielt das Phänomen der Adhäsion eine große Rolle. Diese bezeichnet die Zusammenhangskräfte zwischen den Molekülen zweier verschiedener Stoffe bzw. das Haften zweier Stoffe oder Körper aneinander.

### Abmaße des Chipkartenbehälters und Ermittlung der möglichen Füllmenge

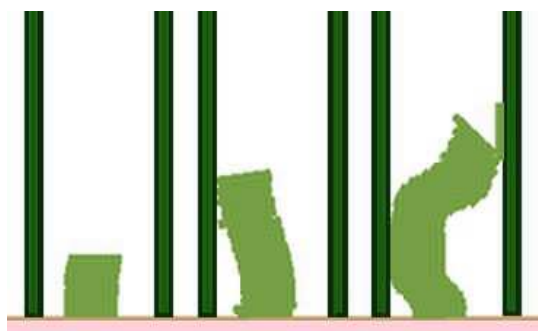


Abbildung 5: Destabilisierung des Chipkartenstapels bei Erhöhung der Menge um je 50 Karten

Der Chipkartenbehälter ist eine Eigenentwicklung von bks Rabe. Bei dem Vergleich mit dem Behälter des GEA fällt auf, dass bei der Entwicklung auf ein größeres Volumen geachtet wurde. Die Volumenvergrößerung ist jedoch nur durch eine größere Höhe und durch die Erweiterung um eine Schräge<sup>5</sup> gegeben. Sinnvoller wäre hingegen die Verbreiterung des Behälters, welche durch den Platzmangel nicht zu realisieren ist.

<sup>4</sup> Bei der Berechnung der Flächen und Volumina werden die Rundungen vernachlässigt.

<sup>5</sup> Vergleich zwischen Abbildungen 1 und 2.

So beträgt die Breite 95 mm und die der Karten 85,6 mm, was dazu führt, dass die Chipkarten den Behälter nicht komplett in der Breite ausnutzen können.

Daraus folgt das Problem, dass zu Beginn sich die Chipkarten noch fehlerfrei stapeln, doch mit zunehmender Höhe und der damit verbundenen Veränderung des Aufschlagpunktes, kommt es zur Destabilisierung des Stapels. Abbildung 5 zeigt die Simulation dieser Destabilisierung, welche mit Hilfe der Software Phun (5) erstellt wurde.

*[...] Phun (and Algodo) are based on highly competitive technologies for interactive multiphysics simulation, ranging from novel physical models and variational integrators to high performance numerical methods. Phun is off-spring from research at Umeå university, and a MSc project of Emil Ernerfeldt [...]*

Produktbeschreibung, [phunland.com](http://phunland.com)

Die daraus resultierende unkontrollierte Verteilung ist ein entscheidendes Kriterium für die schlechte Ausnutzung des Behälters und steht deshalb im Mittelpunkt der zu betrachtenden Varianten. Die Erhöhung der maximalen Fallhöhe auf 272 mm, gegenüber 189 mm, spricht für eine größere Aufnahme. Diese ist ebenfalls der Tabelle 3 zu entnehmen. Eine positive Auswirkung kann bei einem Test jedoch nicht festgestellt werden. Der Grund für dieses widersprüchliche Ergebnis, ist der große Einfluss der Tiefe in der Berechnung, die im Bezug zur Flugbahn keinen Nutzen aufweist. Im Abschnitt 3.1.3 wird daraufhin das Flugverhalten einer Chipkarte im Allgemeinen erläutert.

<b>Behälter GEAHM</b>	
Rauminhalt (Überschlagrechnung)	12.289,4 cm <sup>3</sup>
Rauminhalt (SW Modell)	11.339,12 cm <sup>3</sup>
Rauminhalt der Karte	3,51 cm <sup>3</sup>
Fallhöhe max.	272 mm
Kapazitätsmaximum	3.228 Stück
<b>Behälter GEA</b>	
Rauminhalt (Überschlagrechnung)	9.763,87 cm <sup>3</sup>
Fallhöhe max.	250 mm
Kapazitätsmaximum	2780 Stück

Tabelle 3: Vergleich der Chipkartenbehälter

Bei der Betrachtung der vorliegenden Konstruktion des neuen Systems, fällt neben der bereits erwähnten Schräge, der 45 mm tiefe Ausschnitt auf, welcher ebenfalls zum Chipkartenleser hin gerichtet ist. Die Konstruktion des Ausschnitts weist dabei keinen sinnvollen Nutzen auf, sondern birgt eher die Gefahr des Herausfallens der Chipkarten (siehe Abbildung 6).

Für die Schräge hingegen, ist die Bauart des Terminals verantwortlich, welches aus markttechnischen Gründen nicht mehr abgeändert werden darf.

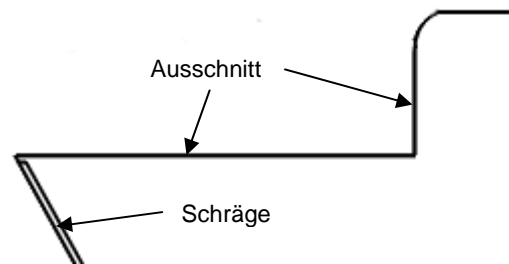


Abbildung 6: Formabweichung beim Chipkartenbehälter

### 3.1.3 Das Flugverhalten einer Chipkarte

Nun gilt es das Grundproblem der geringen Füllmenge zu identifizieren. Dazu werden mehrere Tests zur Ermittlung der Flugbahn durchgeführt. Die Flugbahn stellt den Schlüssel zum Erfolg dar, denn je nach Höhe bestimmt sie den Aufschlagpunkt und die Geschwindigkeit der Chipkarte. Der Aufschlagpunkt zeigt wiederum, wie sich die Karten



Abbildung 7: Aufbau der Flugtests

verteilen können, wobei die Geschwindigkeit z.B. die Energie aufzeigt, die für eine bessere Kartenverteilung genutzt werden kann.

Zu Beginn werden die allgemeinen Flugeigenschaften ermittelt. Dies bedeutet, dass die verwendeten Höhen und Anfangsgeschwindigkeiten nicht an die realen Verhältnisse angepasst sind. Tabelle 4 zeigt das entsprechende Protokoll zu diesem Test. Wichtige Kriterien sind dabei die Fallhöhe, auf welcher Seite bzw. Kante die Chipkarte auf dem Boden aufkommt und welcher Weg in x-Richtung zurückgelegt wird. Die gesammelten Daten werden schließlich mittels der speziellen Kinematik ausgewertet und dienen deshalb nur als Anhaltspunkte.

In den Durchläufen 1 bis 5 wird die Chipkarte in einer Höhe von 298 mm mit extrem langsamer Geschwindigkeit über die Kante einer Platte geschoben. Die Flugbahn gleicht daher dem freien Fall, wobei sich die Chipkarte um die eigene Achse dreht. Diese Drehung erfolgt weitestgehend konstant und endet nach einer 180°-Drehung auf der Kartenoberseite. Diese Drehung entsteht dadurch, dass als Erstes der vordere Teil der Chipkarte sich senkt. Um herauszufinden, ob dies auch beim Austritt aus dem Chipkartenleser geschieht, sind Tests mit weiteren Geschwindigkeiten durchzuführen.

Nr.	Höhe [mm]	Landung				Entfernung [mm]	Ø Entfernung [mm]
		Oberseite	Unterseite	Kante			
				Vorn	Hinten		
1	-298	x				0	
2	-298	x				0	
3	-298	x				0	
4	-298	x				0	
5	-298	x				0	
6	-298			x		ka	
7	-298			x		ka	
8	-298			x		ka	
9	-298			x		ka	
10	-298			x		ka	
11	-298		x			ka	
12	-298		x			ka	
13	-298		x			ka	
14	-298		x			ka	
15	-298		x			ka	
16	-10		x			11	12,6
17	-10		x			15	
18	-10		x			12	
19	-10		x			12	
20	-10		x			13	
21	-380		x			55	57,2
22	-380		x			59	
23	-380		x			52	
24	-380		x			63	
25	-380		x			54	
26	-380		x			56	
27	-380		x			62	
28	-380		x			53	
29	-380		x			62	
30	-380		x			56	

Tabelle 4: Grundlagentest des Flugverhaltens

Die nächsten 5 Durchläufe erfolgen deshalb mit leicht erhöhter Geschwindigkeit. In diesem Fall ist die Parabel des waagerechten Wurfs zu erkennen und die Chipkarte dreht sich weiterhin um die eigene Achse. Jedoch bleibt die Drehung hierbei weitestgehend aus und die Chipkarte landet lediglich auf der Vorderen Kante. Es ist zu erkennen, dass mit der zunehmenden Geschwindigkeit die Neigung zur Rotation geringer wird. Daraus lassen sich erste Vermutungen schließen, dass ein Geschwindigkeitsentzug die Chipkarten unkontrollierter fallen lässt und somit die Stapelbildung verhindert werden könnte.

Schließlich wird die Chipkarte mit hoher Geschwindigkeit von der Platte geschoben. Die Drehung hat sich dabei komplett eingestellt, sodass die Karte selbst bei übertriebener Abstoßgeschwindigkeit auf der Unterseite landet. Die Idee, die Karten mittels Beschleunigung besser zu verteilen kann somit vernachlässigt werden. Es ist jedoch mit

einer Erhöhung der Füllmenge zu rechnen, da sich die Chipkarten im hinteren Bereich des Behälters sammeln.

Nachdem die Abhängigkeiten erkannt sind, wird nun das vorhandene System untersucht, um festzustellen, in welche Richtung die Überlegungen fortzuführen sind. Durchläufe 16 bis 30 der Tabelle 4 dienen dabei zur Einordnung. Diese werden mit dem CKL 869 in den Höhen von 10 mm und 380 mm durchgeführt. Es ist zu erkennen, dass die Kartengeschwindigkeit des Chipkartenlesers ausreicht, um eine Drehung nicht nur bei 10 mm, sondern auch bei 380 mm zu verhindern. Daraufhin wird aus der Tabelle mit Hilfe der Durchschnittswerte überschlagsmäßig die Kartengeschwindigkeit berechnet und damit die Herstellerangaben überprüft.

Zunächst sind jedoch die unterschiedlichen Messweiten zu betrachten. Im Schnitt beträgt die Entfernung bei einer Höhe von 10 mm 12,6 mm, mit einer maximalen Spanne von 4 mm. Bei der Höhe von 380 mm hingegen fällt die Chipkarte im Schnitt 57,2 mm weit, jedoch mit einer Spanne von 11 mm. Das sind 12,8 % der Kartenlänge, die nicht in die maximale Füllmenge mit einfließen können, es sei denn es findet sich eine Lösung, um diese Überlagerung zu verhindern. Die auftretende Adhäsion kann dafür sogar von Vorteil sein. Zur groben Ermittlung der Kartengeschwindigkeit wird die Berechnungsformel (1) der Wurfparabel verwendet, die wie folgt lautet:

$$v_0 = \sqrt{\frac{g * x^2}{2 * y}} \quad (3.1)$$

Daraus ergeben sich folgende Geschwindigkeiten:

$$v_{01} = \sqrt{\frac{9.810 \text{ mm} * (12,6 \text{ mm})^2}{s^2 * 2 * 10 \text{ mm}}} = 279,06 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad (3.2)$$

$$v_{02} = \sqrt{\frac{9.810 \text{ mm} * (57,2 \text{ mm})^2}{s^2 * 2 * 380 \text{ mm}}} = 205,51 \frac{\text{mm}}{\text{s}} \quad (3.3)$$

Laut den Berechnungen befindet sich die Kartengeschwindigkeit zu Beginn (3.2) 40 mm/s über den Herstellerangaben. Überraschenderweise gibt die Rechnung mit 405,5 mm/s, bei der Höhe von 380 mm (3.3), fast den Wert aus, den der Hersteller vorgibt (siehe Tabelle 1). Dieser Fakt lässt darauf schließen, dass die Chipkarte während des Fluges über die Höhe von 380 mm von der Umgebung nicht tragend genug beeinflusst wird, sodass man mit Hilfe der Parabelfunktion mögliche Lösungsansätze herleiten kann.

Um herauszufinden, ob sich die Flugbahn tatsächlich so verhält und nicht beeinflusst wird, ist als nächstes ein Test mit der schrittweisen Messung der Entfernung der Chipkarte bei unterschiedlichen Höhen durchzuführen. Auf Grund der ungenauen ersten Messung der

Kartengeschwindigkeit beim Grundlagentest beginnt die Messung nun bei einer Fallhöhe von 60 mm und endet schließlich bei 260 mm.

Nr.	Höhe [mm]	Landung				Entfernung [mm] berechnet	Entfernung [mm] ermittelt
		Oberseite	Unterseite	Kante			
				Vorn	Hinten		
1	-60		x			22,73	10,00
2	-70		x			24,55	12,50
3	-80		x			26,25	15,00
4	-90		x			27,84	17,50
5	-100		x			29,34	17,50
6	-110		x			30,78	17,50
7	-120		x			32,14	20,00
8	-130		x			33,46	22,50
9	-140		x			34,72	25,00
10	-150		x			35,94	25,00
11	-160		x			37,12	25,00
12	-170		x			38,26	25,00
13	-180		x			39,37	27,50
14	-190		x			40,45	35,00
15	-200		x			41,50	37,00
16	-210		x			42,52	45,00
17	-220		x			43,52	50,00
18	-230		x			44,50	52,50
19	-240		x			45,46	55,00
20	-250		x			46,40	57,50
21	-260		x			47,31	60,00

Tabelle 5: Ermittlung der Flugbahn

Wie in Tabelle 5 zu sehen ist, bleibt eine Drehbewegung weiterhin in jedem Versuch aus. Dies lässt darauf schließen, dass sich die Kartengeschwindigkeit nicht in einem Grenzbereich befindet. Diese stetig gleichen Bedingungen sind für eine erfolgreiche Lösung von großer Bedeutung. Die Ermittlung der Flugbahn ist neben der Drehbewegung ein weiterer wichtiger Punkt des Tests. Dafür sind je Fallhöhe 10 Messungen zu einem Mittelwert zusammengefasst und in Tabelle 5 neben den theoretischen Werten eingetragen. Während den Messungen ist aufgefallen, dass es bei kurzfristigen Wiederholungen, sprich dem Einführen und Auswerfen der Chipkarte, zu Erschöpfungserscheinung am Chipkartenleser kommt, welche sich in stark schwankenden Entfernungen widerspiegelt. Zur besseren Übersicht sind die Daten der beiden Flugbahnen im Diagramm 1 grafisch dargestellt.

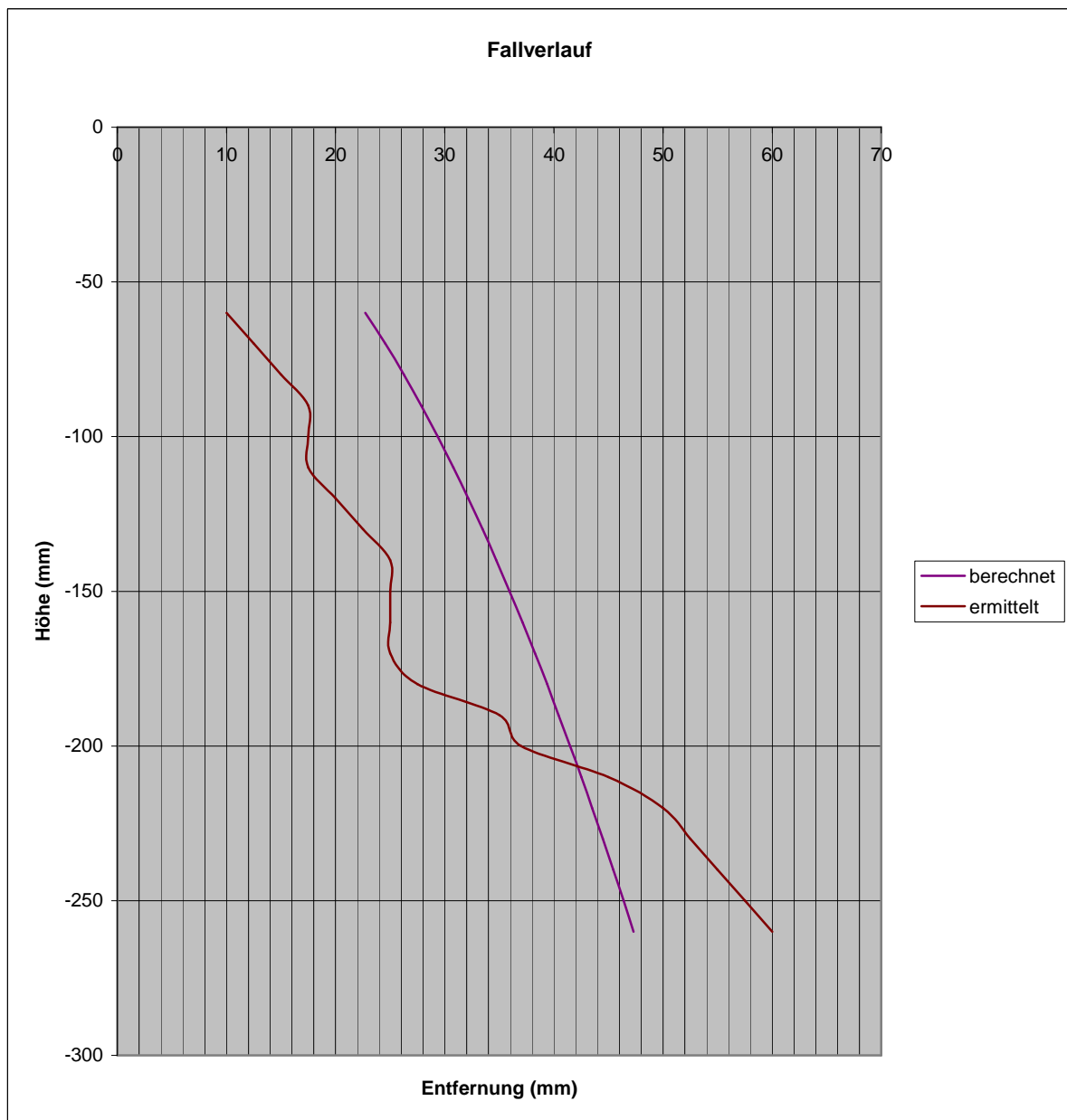


Diagramm 1: Vergleich der theoretischen und tatsächlichen Flugbahn

Die Annahme nach dem Grundtest, dass bei der vorhandenen Fallhöhe die Chipkarte kaum beeinflusst wird, spiegelt sich bei der Ermittlung der Flugbahn nicht wider. Ebenso die Bestätigung der gleichbleibenden Bedingungen bleibt aus. Dies führt zu dem allgemeinen Entschluss, dass ein Eingriff in das System direkt am Kartenauswurf erfolgen muss.

Um mit der Chipkarte besser arbeiten zu können, ist es auch wichtig zu wissen, welche Geschwindigkeiten bei den jeweiligen Ausrichtungen (ebene Fläche, seitlich oder hochkant) zu erwarten sind. So kann eine Änderung der Ausrichtung z.B. zu einer besseren Verteilung der Karten führen. Dazu wird die Chipkarte aus einer Höhe von 800 mm fallen gelassen, wobei die Zeiten in Tabelle 6 eingetragen sind.

Nr.	Fläche	Kante (Seite)	Kante (hochkant)
1	0,50	0,34	0,30
2	0,47	0,34	0,32
3	0,49	0,34	0,31
4	0,46	0,37	0,29
5	0,45	0,34	0,34
6	0,45	0,35	0,29
7	0,45	0,34	0,28
8	0,42	0,33	0,30
9	0,44	0,37	0,34
10	0,41	0,32	0,34
11	0,44	0,37	0,33
12	0,41	0,32	0,31
Ø	<b>0,45</b>	<b>0,34</b>	<b>0,31</b>
<b>v [mm/s]</b>	<b>1.781,08</b>	<b>2.324,46</b>	<b>2.560,00</b>
<b>% von v<sub>theo</sub></b>	<b>44,96</b>	<b>58,67</b>	<b>64,62</b>

Tabelle 6: Ermittlung der Fallgeschwindigkeiten (Angaben in s)

Ohne Berücksichtigung der äußeren Einflüsse besitzt die Chipkarte beim Aufprall eine Geschwindigkeit von 3.961 mm/s. Aus dem Schnitt der gemessenen Zeiten ergeben sich jedoch Geschwindigkeiten, die über 50% vom theoretischen Wert abweichen. Dies bestätigt den Einfluss des Luftwiderstands und die falsche Vermutung aus dem Grundlagentest.

## 3.2 Schlussfolgerungen

Nachdem der Chipkartenleser, die Chipkarte und der Behälter untersucht sind, können erste Überlegungen geäußert werden. Grundsätzlich war es das Ziel, dass aktuelle System zu durchleuchten, um möglichen Problemen von vornherein aus dem Weg zu gehen. Es wurde festgestellt, dass die geforderte Füllmenge von 1.500 Chipkarten in den bereits vorhandenen Behälter hinein passt. Theoretisch ist sogar die doppelte Füllmenge möglich<sup>6</sup>, doch durch die Analyse des Fall- bzw. Flugverhaltens der Chipkarte ist bekannt, dass ein Anteil von 12,8 % nicht einkalkuliert werden darf. Dazu kommen die möglichen Einbauten und der schwer erreichbare hintere Teil des Behälters. Dies alles zusammen reduziert die geschätzte Füllmenge auf knapp 1.866 Chipkarten<sup>7</sup> und bietet somit immer noch viel Spielraum für mögliche Ungenauigkeiten.

<sup>6</sup> Siehe Tabelle 3.

<sup>7</sup>  $3.228 - 414 (12,8\%) - 850 (\text{Sicherheit}) = 1.964$



Das größte Problem betrifft die sinnvolle Verteilung der Chipkarten, denn mit einer maximalen Flugweite von 60 mm bei einer Gesamtlänge von über 500 mm ist eine komplette Ausnutzung des vorhandenen Volumens ausgeschlossen. Neben der Länge ist die Breite ebenfalls von Nachteil, da die Differenz von 9,4 mm die Bildung eines Kartenhaufens begünstigt. Die zufallsfreie Nutzung des vorhandenen Raumes stellt jedoch ein enormes Potential zur Lösung des Problems dar und steht somit im Mittelpunkt der Betrachtung der ersten Variante, dem Liftsystem.

Abschließend ist anzumerken, dass sich die Aufgabenstellung nach der umfangreichen Analyse als komplizierte Angelegenheit herausstellt. Die vorhandenen Bedingungen sind stets inkonstant und müssen so verarbeitet werden, dass dem Kunden schlussendlich ein funktionsfähiges System überreicht werden kann.

## **4 Ausarbeitung verschiedener Varianten**

### **4.1 Vorüberlegungen und Kriterien**

Bevor die Ausarbeitung und der Vergleich der einzelnen Varianten stattfindet, sind gewisse Kriterien zu definieren, unter denen ein sinnvolles Ergebnis zustande kommen kann. Diese Kriterien bzw. Randbedingungen unter denen die Varianten entstehen, dürfen in keinsten Weise missachtet werden und müssen somit auch mit Bedacht gewählt werden. Deshalb werden speziell die vorhandenen Umstände, die Herstellbarkeit und die Wirtschaftlichkeit beleuchtet.

Um die wirtschaftliche Entwicklung von bks Rabe mit der gegebenen Aufgabe zu unterstützen, ist es wichtig, die vorhandenen Möglichkeiten vollkommen auszunutzen. Zu diesen zählen unter anderem die personellen Kapazitäten und die bereits verwendeten Fertigungsmittel. Grundsätzlich soll das Konzept ohne spürbaren Mehraufwand in den bestehenden Fertigungsvorgang eingefügt werden, weshalb auf abweichende Materialien bzw. Werkzeuge verzichtet wird. Ein Eingriff in die Elektronik, um z.B. einen Impuls durch einen Luftstoß zu erzeugen oder der Einbau einer automatisierten Sortiereinheit und somit eine notwendige Softwareprogrammierung zur Ansteuerung dieser Mechanismen, ist ebenfalls nicht im Sinne von bks Rabe. Schließlich möchte sich das Unternehmen unabhängig präsentieren. Sobald eine eigenständige Softwarelösung in Arbeit ist, können weitere Varianten in Betracht gezogen werden.

In den folgenden Kapiteln werden 3 Lösungsvarianten vorgestellt und erörtert. Eine dieser Varianten beschäftigt sich dabei mit der Verteilung der Chipkarten, welche mittels Impuls bzw. Ablenkung erreicht werden soll. Inwieweit sich dieser einfache und günstige Mechanismus durchsetzen kann, wird sich an der letztendlich erreichten Füllmenge zeigen. Neben der zufälligen Verteilung der Chipkarten durch die Ablensysteme, wird mit Hilfe des Liftsystems die sofortige Ordnung angestrebt. Dieses Prinzip erscheint am vielversprechendsten, jedoch ist die Umsetzung am kompliziertesten und stößt somit an die Grenzen der Wirtschaftlichkeit. Die letzte Variante beschäftigt sich hingegen mit dem berührungsfreien Eingriff in die Flugbahn der Chipkarten. Dies hat mehrere Vorteile, so kann die Problematik der Tribologie<sup>8</sup> vernachlässigt werden und eventuelle mechanische Störungen sind weitestgehend ausgeschlossen. Doch auch diese Variante lässt keine genaue Angabe der Füllmenge zu. Abschließend ist zu erwähnen, dass mit zunehmender Beeinflussbarkeit der Füllmenge der Aufwand steigt.

---

<sup>8</sup> Tribologie beschreibt die Lehre der Reibung, Schmierung und des Verschleiß.

## **4.2 Liftsystem**

Bei der Betrachtung der Aufgabenstellung sind zwei Bedingungen zu erkennen. Zum Einen müssen die Chipkarten in den hinteren Teil des Behälters transportiert werden und zum Zweiten ist eine gleichzeitige Ordnung dieser in Form eines Stapels von Vorteil. Die Umsetzung dessen ist durch mehrere Systeme bzw. mit unterschiedlichen Mitteln zu lösen, wobei hier nur auf eine Variante eingegangen wird.

Als Erstes ist festzulegen, dass die Chipkarten über ein Transportsystem im Behälter verteilt werden. Dies geschieht entweder über ein Rollen- oder Schienensystem. Das Rollensystem kann bei entsprechender Schmierung eine lange Laufzeit aufweisen, wobei die Schienen durch das Gleiten der Chipkarten einem intensiveren Kontakt und damit auch einem höheren Verschleiß ausgesetzt sind. Dieser Einschätzung soll keine voreilige Beurteilung folgen. Weiterhin spielen Tribologie und Adhäsion eine entscheidende Rolle im Bezug auf den Transport und im Besonderen beim Effekt der Stapelung. Die gewonnenen Erkenntnisse aus der Untersuchung dieser Phänomene werden den übrigen Varianten ebenfalls zu Gute kommen. Neben dem Transportmittel (Rollen oder Gleiten) ist schließlich die Mechanik zu entwickeln, welche die Verteilung über die komplette Behälterlänge ermöglicht. Auf Grund der gewünschten Ordnung der Chipkarten, erfolgt eine Aufteilung des Behälters in mehrere Kammern.

### **4.2.1 Der Transport als grundlegendes Problem**

Der unterbrechungsfreie Transport der Chipkarten ist eine wichtige Grundlage für die optimale Ausnutzung des Behälters. Das Liftsystem stellt dabei die höchsten Ansprüche, denn eine einzige Unterbrechung, lässt die Füllmenge sofort auf ein Minimum sinken. Durch die Unterbrechung stauen sich die Chipkarten noch auf dem Transportsystem und erreichen somit umgehend den Chipkartenleser, wodurch erneut eine Fehlfunktion die Folge ist. Auch die Verwendung eines elektrischen Transportsystems, wie z.B. einem Aktivschacht, verhindert erfahrungsgemäß keine Fehlfunktion. Durch Vandalismus oder Unachtsamkeit des Bürgers, bei denen Fremdkörper durch den CKL geschoben werden, werden die empfindlichen Riemen zerstört. Des Weiteren ist die Suche nach anderen Möglichkeiten aus Kostengründen, sowie dem geringen Platzangebot sinnvoll.

Um das Konzept möglichst einfach zu halten, finden zu Beginn der Untersuchung Tests mit Materialien statt, die allgemein in den Automaten Verwendung finden. Mit Hilfe dieser Erkenntnisse soll darauf geschlossen werden, wie die Chipkarten über ebene Flächen gleiten und wie ein Einfluss darauf genommen werden kann. Unter den vorhandenen Materialien gibt es keine große Variantenvielfalt. So kommt in der Produktion lediglich

Stahl- oder VA<sup>9</sup>-Blech zum Einsatz, welche teilweise eine spezifische Lackierung erhalten. Für die Automatenfront kommen zusätzlich Acrylglasplatten (PMMA) zur Verwendung. Die Abbildung 8 zeigt den Versuchsaufbau



am Beispiel des Stahlblechs, wobei mit Hilfe eines Winkel-

messers und Unterlegplatten, die Schienen positioniert sind. Neben der reinen Gleiteigenschaft, bei unterschiedlichen Winkeln, ist bei den Tests auch auf die Abnutzung der Chipkarten<sup>10</sup> zu achten. Dies ist besonders wichtig, da die Abnutzung bzw. Verschmutzung der Chipkarten eine der häufigsten Fehlerursachen beim Chipkartenleser ist und durch das neue System keine Verschärfung erfolgen soll.

Material	Winkel	Abnutzung	Gleitet?
Stahlblech	4	Ja	Nein
		Nein	Nein
	8	Ja	Nein
		Nein	Nein
	12	Ja	Nein
		Nein	Ja
Acrylglas	4	Ja	Nein
		Nein	Ja
	8	Ja	Nein
		Nein	Ja
	12	Ja	Ja
		Nein	Ja

Tabelle 7: Test der Gleiteigenschaften

Die Tests zeigen, dass das Stahlblech allein nicht verwendet werden kann, denn sobald die Chipkarten verschmutzt sind, gleiten diese selbst bei steilem Gefälle nur noch ein kurzes Stück auf der Schiene. Weiterhin reichen die Impulse durch nachrückende Chipkarten nicht aus, um das Gleiten wieder zu aufnehmen. Die Acrylglasplatte hingegen zeigt ein deutlich besseres Ergebnis. Doch auch hier zeigen sich Schwächen. So gleiten saubere Chipkarten selbst bei geringem Gefälle die Schiene entlang, sobald sich jedoch Verschleißspuren bemerkbar machen, ist die Funktion nur bei größerem Gefälle gegeben. Eine weitere Erkenntnis ist zu dem, dass sich Unebenheiten, wie z.B. die Durchbiegung der Schiene, negativ auf das Gleiten auswirken.

<sup>9</sup> Kurzbezeichnung für Edelstahlsorten, wie z.B. V2A für 1.4301 (X5CrNi18-10) nach EN10020.

<sup>10</sup> Siehe Anlage 3.

Dieses Phänomen tritt bei Acrylglasplatten schneller als bei Stahlblechen auf, da deren hohe Steifigkeit nur bis zu einer Dauergebrauchstemperatur von 70°C erhalten werden kann<sup>11</sup>. Durch den Dauerbetrieb der Automaten und deren unterschiedliche Standorte ist eine Sicherheit nicht zu gewährleisten.

Die alleinige Verwendung von Acrylglasplatten wird ebenfalls durch die schwierige Herstellung im Bezug zur Befestigung am Chipkartenbehälter zu einer komplexen Aufgabe, welche mit Hilfe der Kombination der beiden Materialien am Besten gelöst wird. So besteht der Grundaufbau des Systems aus Stahlblech und auf die Fläche, auf der die Chipkarte gleiten soll, wird eine dünne Platte aus Acrylglas mittels Klebemittel aufgebracht. Ein weiterer Vorteil des PMMA ergibt sich durch die hohe Kratzfestigkeit, die schließlich die Lebensdauer des Systems erhöht.

Die Tests haben eine gute Möglichkeit aufgezeigt, das Gleiten zu optimieren. Die Beobachtung dessen ist nun mit Hilfe physikalischer Gesetze zu klären. So spielen drei Ursachen eine wichtige Rolle, damit die Chipkarten gleiten können.

Zwei von ihnen werden unter der wissenschaftlichen Bezeichnung Tribologie zusammengefasst. Das Gebiet der Tribologie beschäftigt sich mit einem der kompliziertesten Vorgänge in der Physik<sup>12</sup>. So sind die Ursachen und Auswirkungen von Reibung bzw. Schmierung durchaus erforscht und bekannt, jedoch gibt es keine grundlegenden Regeln, die allgemein anerkannt sind. Gerade die Haft- bzw. Gleitreibungszahlen, die bei der Berechnung der notwendigen Kräfte und Neigungen als Grundlage dienen, sind nicht definierbar.

*Bei gleitfesten Verbindungen dürfen Haftreibungszahlen gemäß Bild 3 angenommen werden, andere Oberflächenbehandlungen oder Haftreibungszahlen sind durch Verfahrensprüfungen nachzuweisen.*

Stahlbaurundschau 10/2009, Seite 7

So muss für jedes Projekt, das keine spezifischen Vorgaben durch den Hersteller vorzuweisen hat, eine separate Verfahrensprüfung durchgeführt werden. Solche Vorgaben gibt es für die zu betrachtende Paarung nicht, weshalb die Reibungszahlen selbstständig zu ermittelt sind. Dazu dient das in Abbildung 9 dargestellt Schema.

---

<sup>11</sup> Siehe Anlage 2.

<sup>12</sup> Merstallinger, A.: Tribologie und Werkstoff - <http://www.advanced-materials.at/downloads%5CMerst-ItsTime%20Tribologie%20Final%20v11.pdf>, 2002

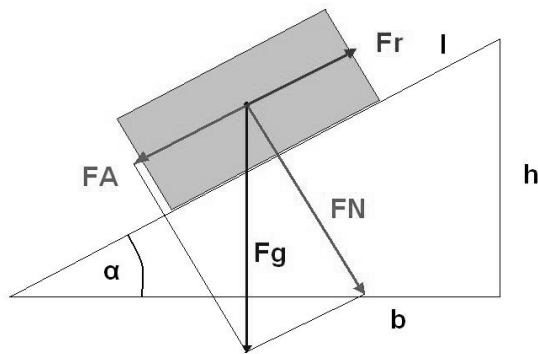


Abbildung 9: Bestimmung der Reibung

Bei dem Verfahren wird, für die Ermittlung der Haftreibungszahl, die Chipkarte auf der Schiene platziert. Anschließend wird die Neigung der Schiene in kleinen Winkelschritten erhöht und sobald sich die Chipkarte in Bewegung setzt, wird der Winkel notiert und mit Hilfe der Formel  $\mu_0 = \tan \alpha$  die Haftreibungszahl berechnet. Für die Ermittlung der Gleitreibungszahl muss

die Chipkarte in einem definierten Winkel, sowie unter Zeitabnahme eine festgelegte Strecke auf der Schiene herabgleiten. Nach dem Einsetzen in die Formel  $\mu = (\sin \alpha - 2s/gt^2)/\cos \alpha$  kann nun auch die Gleitreibungszahl zum Vergleich genutzt werden.

Haftreibung				Gleitreibung			
Material	Abnutzung	Winkel [°]	$\mu_0$	Winkel [°]	Zeit [s]	Weg [mm]	$\mu$
Stahlblech	Ja	20	0,36	20	0,75	100	0,33
	Nein	15	0,27	20	0,45	100	0,26
PMMA	Ja	15	0,27	20	0,40	100	0,23
	Nein	10	0,18	20	0,35	100	0,19

Tabelle 8: Haft- und Gleitreibungszahlen

Aus Tabelle 8 ist zu entnehmen, dass die Reibungszahlen bei der Paarung mit PMMA gegenüber dem Stahlblech besonders im Bereich der Haftreibung deutlich niedriger ausfallen, was den Verzicht auf die alleinige Verwendung des Stahlblechs nochmals stärkt. Im Großen und Ganzen ist die Verwendung solcher Schienen jedoch nicht von Vorteil, denn durch den bereits erwähnten großflächigen Kontakt zwischen der Chipkarte und der Schiene, besteht durch den auftretenden Verschleiß und somit steigender Reibung, stets die Möglichkeit einer Verstopfung.

Neben der Reibung behindert eine weitere physikalische Kraft das Gleiten. Zwischen den Atomen der Oberflächenschicht zweier Körper kommt es zum Elektronenaustausch, der eine Anziehungskraft zwischen diesen bewirkt. Auffällig ist jedoch, dass bei dem Test der Gleiteigenschaften (siehe Tabelle 7) ein kleinerer Winkel zum Gleiten notwendig ist, als bei der Ermittlung der Haftreibung. Dies lässt darauf schließen, dass die Chipkarte sehr schnell abgebremst wird und die Verwendung vollends auszuschließen ist.

Diesem Bremsvorgang wirkt, besonders bei neuen Chipkarten, jedoch der zu beobachtende Effekt entgegen, dass bei den auftretenden Geschwindigkeit die Chipkarten auf einer Art Luftpolster gleiten. Dies ist mit dem Herausheben des Bugs eines schnell fahrenden Bootes vergleichbar und ist nur auf Grund des geringen Gewichts der

Chipkarten möglich. Überraschenderweise tritt dieser Effekt auch bei unsauberen Landungen der Chipkarten auf der Schiene außerordentlich schnell ein, wodurch die zurückzulegende Strecke lediglich durch die bereits ermittelte Neigung beeinflusst wird. Für den Einbau der Schiene bzw. deren Führung ist schließlich ein Winkel von  $12^\circ$  zu verwenden.

Neben der Schiene soll eine weitere Transportmöglichkeit betrachtet werden, die als Maßgabe die Minimierung des negativen Einflusses der Reibung besitzt. Dies gelingt unter anderem mit einfachen Mitteln. So ist die Reibung von den Oberflächen der Paarungen abhängig, weshalb diese möglichst glatt sein oder reduziert werden müssen. Eine Reduzierung wirkt jedoch dem Effekt der Bildung eines Luftpolsters entgegen, wodurch der Transport allein über das Gleiten nicht mehr möglich ist. Eine nützliche Methode zum Transport ist mit einem Rollensystem schnell gefunden.

Diese Systeme kommen in der Industrie gerade im automatisierten Bereich sehr häufig zum Einsatz, jedoch meist mit elektronischer Unterstützung für die Erkennung, Zuordnung und den Antrieb. Da für den Chipkartenbehälter keine elektr. Eingriffe vorgenommen werden sollen, ist eine Vorrichtung für den Transport notwendig.

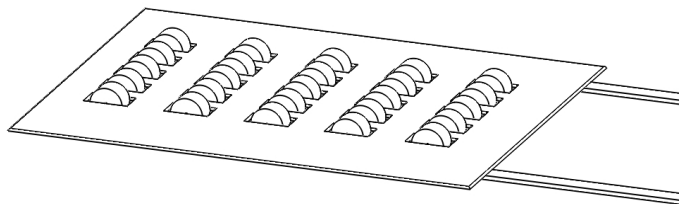


Abbildung 10: Grundplatte mit Rollen und Verbindungselemente

Eine Möglichkeit ist in Abbildung 10 dargestellt. Grundlegend wird der Transport über leichtläufige Kugellager erreicht. So gibt es spezielle Kunststoffkugellager, wie z.B. die BB-623-B180-10-GL von igus®, welche die Reibung durch die materialbedingte Schmierung zusätzlich reduzieren. Um eine Montage zu ermöglichen, muss die Grundplatte in mehrere Segmente unterteilt werden, woraufhin die einzelnen Kugellager auf passgenaue Wellen aufgesteckt und danach zur Grundplatte zu verbinden sind. Dies ist in der Herstellung und Montage jedoch sehr kompliziert, da auf die Toleranzen der Lager zu achten ist und das Zusammenfügen der einzelnen Segmente mit einem möglichst einfachen Verschluss zu realisieren ist.

Bei der Vorstellung dieser zwei Möglichkeiten ist noch nicht auf die Notwendigkeit eines Klappmechanismus eingegangen worden, denn das Liftsystem funktioniert nur über eine genaue Ablage der Chipkarten. Um den Behälter möglichst gleichmäßig auszunutzen, muss die jeweilige Schiene im Behälter punktgenau ausfahrbar sein. Wie das System im Allgemeinen funktionieren soll, wird im folgenden Abschnitt geklärt.

## 4.2.2 Aufbau

Das Liftsystem stellt im gesamten Vergleich die komplexeste Funktionsweise dar. Zur besseren Veranschaulichung ist das Schema in Abbildung 11 als Schnitt dargestellt. Nachdem das Transportsystem bzw. dessen Funktionalität überprüft wurde, kann nun der allgemeine Aufbau der systematischen Einordnung folgen.

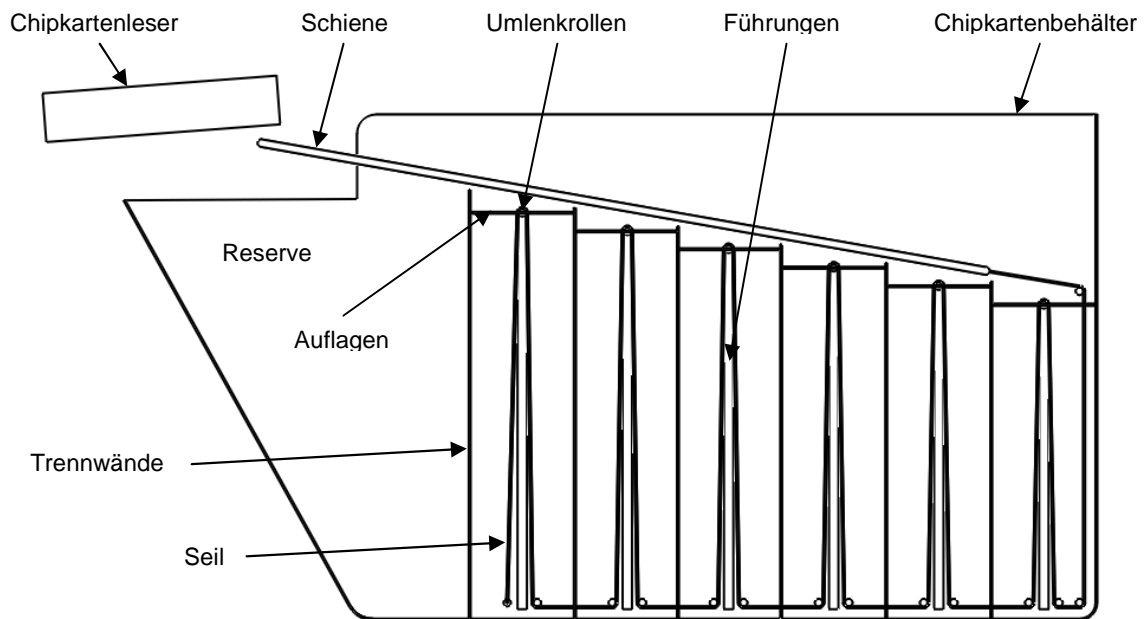


Abbildung 11: Schema des Liftsystems

Der Chipkartenbehälter ist durch Kammern in 6 identische Teile untergliedert. Diese besitzen jeweils die Breite einer Chipkarte zuzüglich einem Spielraum von ca. 1 mm und sind durch Trennwände von 0,5 mm Dicke unterteilt. In dem Bereich des Chipkartenlesers wird auf eine weitere Trennwand verzichtet, da das passgenaue Zuführen einer Chipkarte auf Grund der Bauweise der Schiene in dieser Entfernung nicht möglich ist und eher als Reserve dienen soll.

Auf Grund der Breite des Behälters von 95 mm gegenüber den 85,6 mm der Chipkarten bleibt genügend Raum übrig, um den Mechanismus, der in im Schema zu sehen ist, unterzubringen. Um ein Verkanten bzw. Hängenbleiben der Chipkarten zu verhindern, ist der Mechanismus wiederum durch eine Trennwand, von 0,5 mm Dicke und einem Spiel von 1 mm, der Länge nach einzufügen. In den einzelnen Kammern befindet sich eine Chipkartenauflage, welche starr in den senkrecht angeordneten Führungsschienen befestigt ist.

Zum Schluss wird mit Hilfe von Umlenkrollen und einem Seil eine Abhängigkeit der Schiene zu den Auflagen hergestellt. Das Seil besitzt dafür eine Mindestlänge von 2720 mm, welche jedoch durch Fertigungsungenauigkeiten individuell bei der Montage



angepasst werden muss. Um die Entnahme der Chipkarten, sowie die Montage zu erleichtern, besteht der Behälter aus 2 Teilen, welche über einen Klippmechanismus verbunden werden. Im Ausgangszustand ist die Schiene komplett ausgefahren und die Auflagen befinden sich an den höchsten Positionen der Führungsschienen.

### 4.2.3 Funktionsweise

Die Chipkarten landen nach dem Auswurf durch den Chipkartenleser auf der Schiene und gleiten auf dieser zum hinteren Teil des Behälters, wo sie sich auf der Chipkartenauflage platzieren. Die Chipkarten verursachen schließlich mit ihrem Gewicht eine nach unten wirkende Kraft<sup>13</sup>, welche die Auflage sinken lässt. Mit dem Sinken der Auflage wird gleichzeitig die Seillänge in der ersten Kammer kürzer. Die daraus folgende Differenz veranlasst daraufhin das Einfahren der Schiene, sodass die nächste Kammer befüllt werden kann. Nachdem alle Kammern befüllt sind beträgt die aufgenommene Kartenanzahl ca. 1.500 Stück<sup>14</sup>. Zur Entnahme der Chipkarten wird der Behälter wie üblich aus dem Automaten entnommen und durch das Betätigen der Klipper eine Behälterseite abgenommen. Durch die Stapelung können die Chipkarten direkt in einer passenden Aufbewahrungsbox gelegt werden. Anschließend wird der Behälter wieder zusammengebaut, die Schiene wieder in die Ausgangsposition gebracht und der Behälter in den Automaten geschoben.

### 4.2.4 Probleme

Es ist zu erwähnen, dass der bisherigen Beschreibung entscheidende Komponenten fehlen. Denn das vollmechanische Konzept beruht auf komplexen physikalischen Zusammenhängen und ist somit weitaus komplizierter als es in den vorherigen Abschnitten beschrieben ist. Das Problem speziell in diesem Fall, ist die Verknüpfung von folgenden Aspekten:

- bis zur vollständigen Befüllung einer Kammer muss die Schiene an ein und der selben Position verweilen
- nach Befüllung muss die Schiene zur nächsten Kammer einfahren
- das Seil muss ständig unter Spannung stehen (sensible Reaktion)
- Einfahren der Schiene  $\neq$  Gleiten der Chipkarten

---

<sup>13</sup> Entspricht Gewichtskraft:  $G = m \cdot g$

<sup>14</sup> Bei 6 Kammern, einer Starthöhe von 165 mm und Erhöhung um 10 mm je Kammer.

- sensible Reaktion der Auflagen auf das geringe Gewicht der Chipkarten

## 4.2.5 Lösungsansätze

Das Prinzip des Liftsystems beruht auf der sehr sensiblen Reaktion aller Komponenten auf das Gewicht der Karten und den notwendigen Bewegungsabläufen. Deshalb ist es notwendig, dass das Seil, das sämtliche Teile miteinander verbindet, ständig straff gespannt ist. Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Seil unterschiedliche

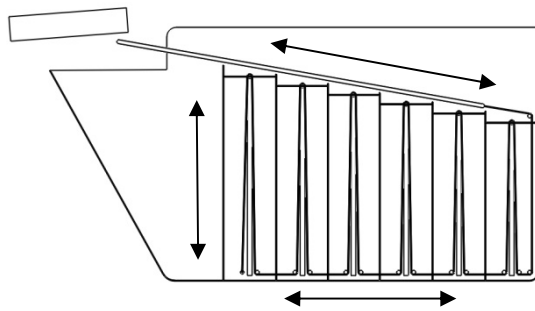


Abbildung 12: Bewegungsrichtung des Seiles

Bewegungsrichtungen durchläuft und somit eine einzige Arretierung keinen Nutzen bringt. Dies ist leicht an der Ausgangsposition zu erkennen. Zu diesem Zeitpunkt ist die Schiene komplett ausgefahren und die Auflagen befinden sich an den höchsten Positionen. Weiterhin wird das Seil auf voller Länge ausgenutzt.

Um die Schiene im Allgemeinen einfahren zu können, muss diese mit einer Zugfeder bzw. einem Zugmechanismus – z.B. eine Seilrolle mittels Drehfeder – ausgestattet werden, denn eine reine Feder ist für die gegebenen Ausmaße schwer zu realisieren, da die auftretenden Federkräfte von der Auslenkung abhängig sind und somit keine konstante Kraftabgabe zulassen. Neben dem Einfahren ist es natürlich auch wichtig, dass die Auflagen entgegen der Schwerkraft gedrückt werden.

So sind in allen Führungsschienen Druckfedern bzw. Dämpfer, die über die Länge eine gleichmäßigere Kraftaufnahme verfügen, einzubauen. Diese müssen so ausgelegt sein,

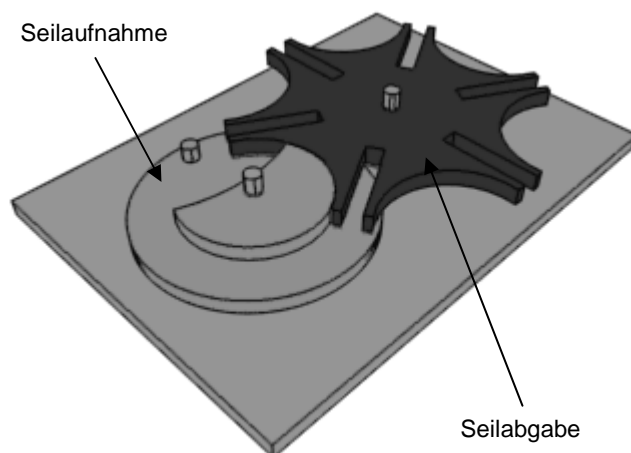


Abbildung 13: Beispiel eines Schrittgetriebes

dass selbst bei einer geringen Anzahl an Chipkarten und somit einer geringen Kraftwirkung, ein Sinken möglich ist, um einen Stau bei der Ablage zu verhindern. Zu schnell darf die Ablage jedoch auch nicht sinken, da eine große Fallhöhe die Chipkarten unkontrolliert aufkommen lässt und somit die Stapelung verhindert. Nachdem die Straffung erreicht ist, folgt das Problem des genauen Verfahrens von der einen zur nächsten Kammer. Hierbei soll

ein Schrittgetriebe, ähnlich der Abbildung 12, Abhilfe schaffen. Um das Getriebe richtig auslegen zu können, ist der benötigte Fahrweg mit 57,56 mm vorgegeben, welcher möglichst eingehalten werden muss, da sich die Ablage der Chipkarten bis zur letzten Kammer verschlechtern würde, was wiederum zu einer vorzeitigen Fehlfunktion führt. Diese Länge muss schließlich als Seil zur Abgabe an die Schiene zur Verfügung stehen.

Bei der Aufnahme an Seillänge ist der Bedarf um einiges größer, denn das Ausfahren wird erst ausgelöst, wenn eine Auflage den tiefsten Punkt erreicht hat. Somit ist je Auflage eine Seilaufnahme von mindestens 330 mm<sup>15</sup> notwendig. Dies erfordert auf Grund des geringen Platzangebots im Behälter eine komplizierte Konstruktion, welche neben der schwierigen Montage auch die Herstellungskosten deutlich erhöht.

Zum Schluss ist das Einfahren der Schiene zu betrachten. Die Schiene besitzt die Aufgabe, die Chipkarten zu den einzelnen Kammern zu befördern, wozu die im Abschnitt 4.2.1 ermittelte Eigenschaft des Gleitens genutzt wird. Bei dieser Betrachtung wurde herausgefunden, dass Unebenheiten einen negativen Einfluss auf das Gleiten ausüben. Eine starre Schiene verursacht jedoch Probleme bei dem Einfahrtvorgang, da diese gezwungenermaßen gegen den Chipkartenleser stößt. Um dies zu verhindern, muss ein Mechanismus eingearbeitet werden. Hierbei gibt es zwei Möglichkeiten.

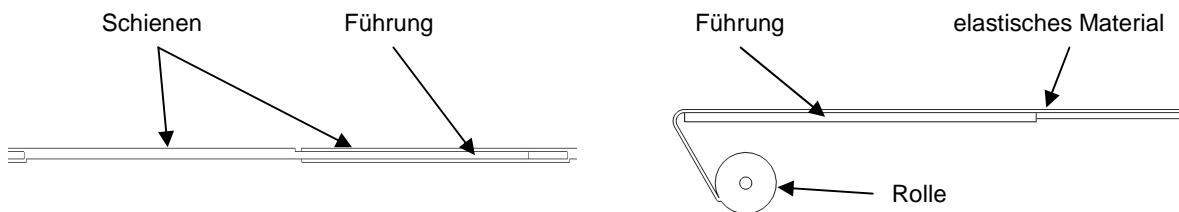


Abbildung 14: Übersicht der Einfahrtssysteme

Zum Einen ist die Schiene in mehrere gleichgroße Abschnitte zu teilen, wobei sich die 57,56 mm der Entfernung zwischen den einzelnen Kammern anbieten. Um das Gleiten nicht zu behindern, müssen die Abschnitte Bündig aneinander stoßen, was mit einfachen Mitteln nicht zu realisieren ist. Des Weiteren ist während des Einfahrens eine Entkopplung durchzuführen, sodass ein Absenken und Ablegen in einer entsprechenden Halterung unter dem Chipkartenleser möglich ist. Um die Oberfläche eben zu halten, ist die Verwendung eines Rollmechanismus, bei dem die Schiene auf eine Welle unterhalb des Chipkartenlesers aufgerollt wird, eine mögliche Alternative. Somit ist keine Unterteilung notwendig. Dies ist jedoch nur mit der Verwendung der Rollenvariante möglich, wobei die Grundplatte so umkonstruiert werden muss, dass diese im Gleitbereich äußerst stabil und bei dem Aufrollvorgang sehr elastisch ist.

<sup>15</sup> Doppelte Höhe der Führungsschiene, welche von Abteil zu Abteil zunimmt.

## 4.3 Magnetismus

Nach der komplexen Funktionsweise des Liftsystems soll die Überlegung in diesem Kapitel nun über simplere Mittel führen. Um dies zu realisieren wird jedoch auch auf eine Ordnung der Chipkarten verzichtet, sodass eine Bestimmung der genauen Füllmenge nicht genannt werden kann. Die Einhaltung der Vorgabe mit ungeordneter Verteilung ist jedoch nach Abschnitt 3.1.2 trotzdem gegeben. Der grundlegende Gedanke, der hinter der Variante des Magnetismus steht, beruht auf dem Transport der Chipkarten mit Hilfe von unterschiedlich starken Dauermagneten. Für die Umsetzung ist besonders auf die Notwendigkeit der elektrostatischen Aufladung der Chipkarten und die allgemeine Verträglichkeit der umliegenden Automatenteile auf den Magnetismus zu achten.

### 4.3.1 Aufbau

Der Aufbau dieser Variante ist sehr einfach gehalten. Zum Einen resultiert aus einem einfachen Aufbau eine unkomplizierte Montage und zum Anderen wird die Anzahl der anfälligen Komponenten, sowie der Wartungsaufwand stark reduziert. Neben dem Chipkartenbehälter und dem Chipkartenleser wird lediglich ein Aufsatz mit Borsten, sowie verschieden rechteckige Dauermagnete und deren Halterungen eingesetzt.

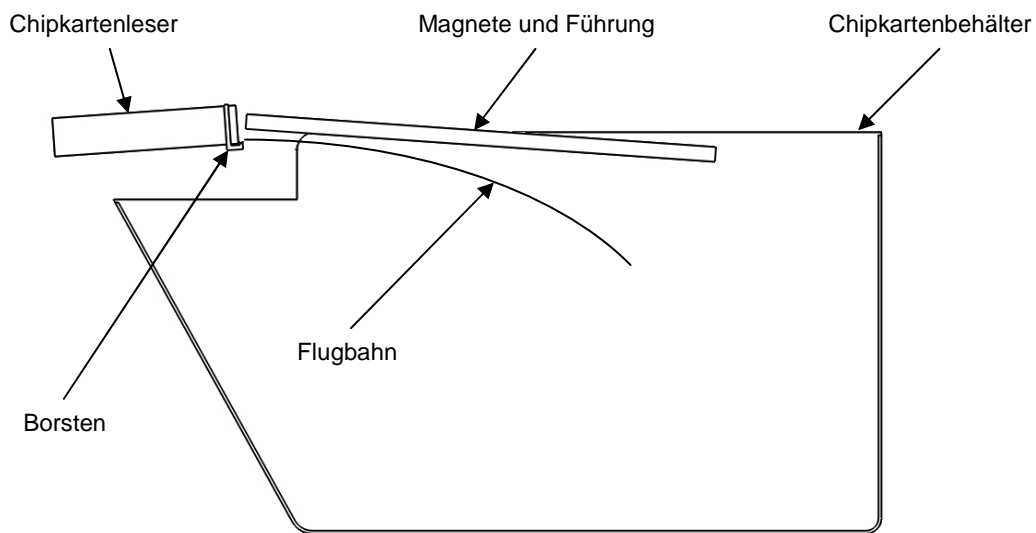


Abbildung 15: Schema der Magnetismusvariante

Um das Aufladen der Karte zu verbessern, muss die Komponente mit den Borsten so nah wie möglich an der Öffnung des Chipkartenlesers befestigt werden. Dazu dient ein entsprechender Aufsatz, der leicht an dem Chipkartenleser zu montieren und demontieren ist, da ein komplizierter Einbau ebenfalls die Wartungsarbeiten behindert. Durch den unmittelbaren Kontakt nach dem Austritt und der damit verbundenen Aufladung, kann

umgehend die Flugbahn beeinflusst werden. Dies ist wichtig, um die Dauermagnete verträglicher Auslegen zu können.

#### 4.3.2 Funktionsweise

Wie bereits in der Einleitung zu 4.3 erwähnt ist, sollen die Chipkarten mit Hilfe von Dauermagneten in den hinteren Bereich des Behälters transportiert werden. Auf Grund der inkonstanten Aufladung der Chipkarten, ist die Flugweite sehr unterschiedlich, weshalb der negative Effekt der ungewollten Stapelung verhindert wird. Um die Chipkarten überhaupt zum „Fliegen“ zu bringen, müssen diese direkt nach dem Austreten aus dem Chipkartenleser elektrostatisch aufgeladen werden. Die erzeugte Ladung muss vollständig definiert sein und einem Minimal- und Maximalwert unterliegen, damit eine Fehlfunktion ausgeschlossen werden kann.

Des Weiteren ist die definierte Ladung für die Auslegung der Dauermagnete zuständig, denn mit Hilfe der Feldstärke (H), sowie der Einbaurichtung werden die Chipkarten in der Luft gehalten. Dabei ist darauf zu achten, dass die Anziehungskraft (F) nicht so stark ist, dass die Chipkarten von den Dauermagneten angezogen werden. Als Berechnungsgrundlage dient das COULOMB'sche Gesetz, welches auf Grund der ebenen Platten und der damit zu beachtenden Influenzwirkungen<sup>16</sup> folgendermaßen lautet:

$$F = \frac{1}{2} * E * D * A = \frac{1}{2} * H * B * A \quad (4.1)$$

*A ... Querschnittsflächen der Magnete*

Die Berechnung gilt für das elektrische Feld, kann jedoch bei quantitativer Betrachtung dem magnetischen Feld gleichgesetzt werden. Mit Hilfe dieser Formel wird nun die, für das Halten einer Chipkarte, benötigte Feldstärke und Flussdichte (B) ermittelt. Das Ergebnis dient schließlich als Mittelwert, womit in Katalogen entsprechende Dauermagnete ausgewählt werden. Um die typische Flugbahn zu gewährleisten, werden die Dauermagnete so angeordnet, dass zu Beginn ein stärkeres und zum Schluss ein schwächeres Feld wirkt. Als Magnettyp kommen Neodym-Magnete zum Einsatz, die im Wesentlichen durch ihre hohe Zugkraft bei geringen Abmaßen überzeugen. In Anlage 4 ist ein Auszug aus der Zugkrafttabelle solcher Magnete hinterlegt, welche zur Bestimmung der Magnete notwendig ist.

---

<sup>16</sup> Als Influenz wird die Ladungstrennung im elektrischen Feld bezeichnet.

### 4.3.3 Probleme

Die Anwendung des Magnetismus bei nicht-ferromagnetischen Materialien ist ein Problem, welches kaum erforscht und somit sinnvoll anwendbar ist. Grund dafür ist die schwierige Aufbereitung der Materialien, in diesem Fall der Chipkarten, damit diese ein elektrisches Potential erhalten, welches durch die Magneten beeinflusst werden kann. Eine einfache statische Aufladung mit Hilfe der Reibung an verschiedenen Stoffen, wie z.B. eines Wolltuchs oder Borsten, zeigen bei Tests keine Wirkung. Neben den physikalischen Problemen gibt es einen weiteren Bereich, der der Umsetzung dieser Variante hinderlich ist. Der Automat und im Besonderen dessen elektrische Komponenten, sowie die Chipkarten unterliegen Normen, die für einen störungsfreien Betrieb eingehalten werden müssen. Schließlich nehmen die Dauermagnete direkten Einfluss auf die Komponenten des Chipkartenlesers und die Speichereinheit der Chipkarten.

### 4.3.4 Lösungsansätze

Die Nutzung des Magnetismus in Form von Dauermagneten kann ausgeschlossen werden. Der Einfluss auf den Chipkartenleser oder die Chipkarte hat mit diesem Ergebnis nichts zu tun, da die Technik in diesen Komponenten mittlerweile den EMV-Richtlinien genügt. Bei der Betrachtung des Magnetismus im Allgemeinen fällt jedoch auf, dass das Konzept in dieser Form nicht funktionieren kann. Dauermagnete verfügen nur über eine geringe Flussdichte, die durch die geringe Feldstärke sowie die begrenzte Geometrie herrührt. Dadurch ist die Reichweite des Magnetfeldes sehr gering und kann nur mit Hilfe stärkerer oder einer erhöhten Anzahl an Magneten verbessert werden.

$$F = A * (2 * B)^2 \quad (4.2)$$

$$E = \frac{1}{2} * B * H * A * \chi \quad (4.3)$$

$$E = F * \chi \quad (4.4)$$

$$F * \chi = \frac{1}{2} * B * H * A * \chi \quad (4.5)$$

$$F = \frac{1}{2} * \frac{B^2}{\mu_0} * A \quad (4.6)$$

$\mu_0$  ... *magn. Feldkonstante*

Jedoch ist eine sinnvolle Ermittlung auf Grund der vielen abhängigen Werte nicht bzw. nur über eine große Testmenge möglich. So zeigt sich bei der Herleitung der Kraft, dass sich die Entfernung eliminiert und durch die Umstellung nach der magn. Flussdichte eine leichte Bestimmung des Magneten die Folge wäre. Die Entfernung (x) besitzt jedoch

weiterhin einen Einfluss auf die Flussdichte. Auf Grund der schwierigen Bestimmung der Flugbahn der Chipkarte, welche eine genaue Angabe der Entfernung nicht ermöglicht, ist eine größere Testmenge erforderlich und somit ein hoher finanzieller Aufwand von Nöten. Ein weiterer Nachteil der Nutzung von Dauermagneten ist die Entmagnetisierung bei erhöhten Betriebstemperaturen. Diese liegt bei Neodym-Magneten ohne spezielle Behandlung bei ca. 80°C, welche in den Automaten durchaus erreicht werden kann. Auf Grund dieser Problematiken wird auf eine intensivere Analyse verzichtet und ein weiterer kontaktbehafteter Eingriff untersucht.

## **4.4 Ablenksystem**

Nachdem zwei komplexere Systeme untersucht worden sind, welche in ihren Funktionsweisen keine Gemeinsamkeiten aufweisen konnten, folgt nun eine Abwandlung des Liftsystems. Stand die Ordnung bei dem Liftsystem noch an erster Stelle, sind hier lediglich der Transport und das Ablenken der Chipkarten zu realisieren. Damit wird der Hauptursache des Problems entgegengewirkt, sodass die Chipkarten sich besser im Behälter verteilen und eine Stapelung nicht mehr möglich wird. Dies soll unter anderem mit Hilfe der in 4.2.1 bereits untersuchten Schiene, sowie dem Zuführen eines Impulses, der durch den Kontakt der sich im Fall befindlichen Chipkarte mit einem Körper, erreicht werden.

### **4.4.1 Aufbau**

Das Ablenksystem besitzt unter den verwendeten Varianten den einfachsten Aufbau. Dieser führt neben der einfachen Montage auch zur Reduzierung der möglichen Fehlerquellen, welche in den bereits untersuchten Varianten große Probleme mit sich brachten. Bei der Frage nach dem genauen Mechanismus, der die Funktionsweise garantiert, gibt es jedoch einiges zu beachten. So hat ein erster Test, bei dem die Chipkarten mit Hilfe eines quer eingebauten Stabs in eine Rotation gebracht wurden, nur teilweise einen Erfolg erzielen können. Es konnte die Stapelung so verhindert werden, dass eine Vervierfachung der Füllmenge erreicht wurde. Durch den fehlenden Transport hingegen, blieb der hintere Teil des Behälters größtenteils ungenutzt und soll, wie im Schema zu erkennen ist, mit einer Schiene erweitert werden.



Abbildung 16: Variante der Querstrebe

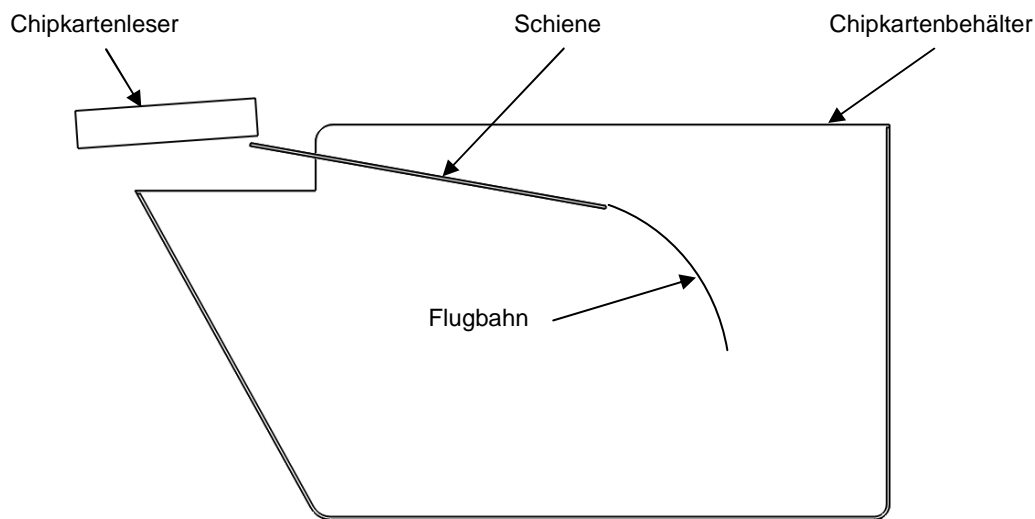


Abbildung 17: Schema des Aufsatzes

#### 4.4.2 Funktionsweise

Die Funktionsweise beruht auf den scheinbar einfachen Vorgängen des Gleitens und der nach dem Hinabfallen von der Schiene zugeführten Rotation. Dass das Gleiten einer Chipkarte ohne weitere Eingriffe nicht reibungslos funktioniert, ist seit Kapitel 4.2.1 bekannt und wird deshalb einer Optimierung unterzogen. Die Chipkarten fallen somit nach dem Austritt aus dem Chipkartenleser auf die Schiene und gleiten diese hinab. Bei der Auslegung der Schiene wird das ermittelte Gefälle von  $12^\circ$  berücksichtigt. Nach dem Gleiten fallen die Chipkarten in den Behälter, wobei sie kurz nach Verlassen der Schiene durch einen fest installierten Körper abgelenkt werden. Dieser ist so angeordnet, dass die Chipkarten einen unkontrollierten Drall erhalten. Dabei ist zu prüfen, ob an dem Stab festgehalten werden kann oder eine veränderte Geometrie die Verteilung optimiert.

#### 4.4.3 Problem

Während des Dauerbetriebs können zwei Probleme auftreten. Eines davon ist bereits bei dem Liftsystem aufgefallen und soll im weiteren Verlauf optimiert werden, denn das Gleiten der Chipkarte auf der Schiene hängt neben der Form der Schiene noch von den auftretenden Umgebungseinflüssen ab. Zu diesen gehört neben den typischen Einflüssen, wie Temperatur, Feuchtigkeit und Staub, ebenso die fettige Oberfläche der Chipkarte, welche durch die Berührung mit der Haut verursacht wird. Wird den Umgebungseinflüssen ausreichend entgegengewirkt, wodurch die Chipkarte in den Fall übergeht, tritt das nächste Problem auf. So muss die Ablenkung die Chipkarten in eine unkontrollierte



Rotation bzw. Flugbahn zwingen, um eine bessere Verteilung zu erreichen und im Besonderen Sinne eine Stapelung zu verhindern.

#### 4.4.4 Lösungsansätze

An der geometrischen Anordnung der Schiene, welche bereits bei den Gleittests des Liftsystems festgelegt wurde, soll festgehalten werden. Die Neigung beträgt somit 12° bzw. 16° gegenüber dem Chipkartenleser. Die Länge der Schiene wird auf 200 mm festgelegt, wodurch das Erreichen der Behältermitte gewährleistet wird. Bezüglich der Gleitfläche ist gegenüber den Tests eine Optimierung geplant. Der Grund dafür ist die schwierige Instandhaltung der PMMA-Platten durch die Abnutzung oder bei Kratzern, die durch Berührungen beim Entleeren des Behälters entstehen können, wodurch das Gleiten der Chipkarten behindert wird.

Weiterhin ist die Stabilität der Oberflächenebenheit auf Grund der hohen Temperaturen nicht ausreichend gegeben. Mit Hilfe so genannter Anti-Friction-Coatings soll dem entgegengewirkt werden. Anti-Friction-Coatings sind Trockenschmiermittel und werden wie eine Lackschicht betrachtet und aufgebracht. Sie dienen zur Reduzierung der Reibungszahlen und erreichen dabei mit  $\mu = 0,1$  bessere Werte, als es mit handelsüblichem Kunststoff<sup>17</sup> möglich ist.

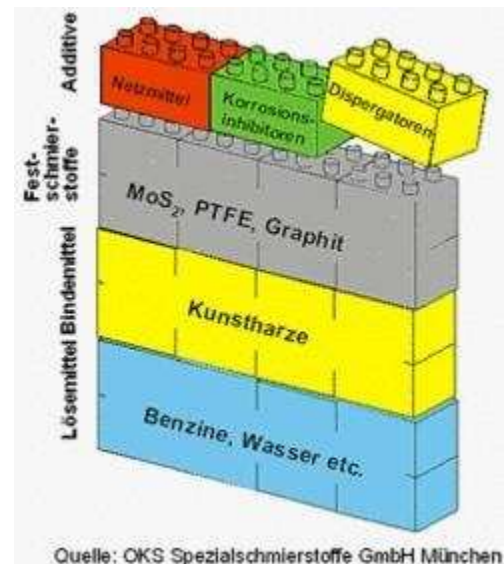


Abbildung 18: Aufbau von Gleitlacken

Die Funktionalität wird dabei durch den Aufbau der Schichten gegeben, der wie in der Abbildung 18 aus lediglich 3 Komponenten und den üblichen Additiven besteht. Je nach Materialpaarung kommen unterschiedliche Festschmierstoffe zum Einsatz. Das Produkt Molykote PTFE-N<sup>18</sup> der Firma Dow Corning Corporation ist speziell für den Einsatz mit Kunststoffkombinationen ausgelegt und verwendet als Festschmierstoff das im Namen enthaltene PTFE, welches unter anderem auch als Teflon bekannt ist. Als Vollmaterial wird es folgendermaßen beschrieben:

*PTFE ist sehr reaktionsträge. Selbst aggressive Säuren wie Königswasser können PTFE nicht angreifen. PTFE ist unbeständig nur gegen sehr starke Reduktionsmittel*

<sup>17</sup> Üblich sind Gleitreibungszahlen von 0,55 (Polycarbonat auf Stahl) oder 0,3 (siehe Tabelle 8), jedoch sind auch Werte kleiner gleich 0,2 möglich, siehe Patent DE102006020712A1.

<sup>18</sup> Produktinformation siehe Anlage 5.

*wie Lösungen von Alkalimetallen (z.B. Natrium) in flüssigem Ammoniak oder gegen sehr starke Oxidationsmittel wie elementares Fluor bei höheren Temperaturen; Einsatztemperatur bis 260°C, frostbeständig bis -270°C, nur nach Vorbehandlung klebbar. PTFE hat einen sehr geringen Reibungskoeffizienten. PTFE rutscht auf PTFE ähnlich gut wie nasses Eis auf nassem Eis. Außerdem ist die Haftreibung genauso groß wie die Gleitreibung, so dass Übergang vom Stillstand zur Bewegung ohne Rucken stattfindet. Es existieren nahezu keine Materialien, die an PTFE haften bleiben, da die Oberflächenspannung extrem niedrig ist. PTFE ist schwierig zu benetzen.*

Produktbeschreibung der Firma Ahlborn Kunststoffe, [ahlborn-kunststoffe.at](http://ahlborn-kunststoffe.at)

Neben einer verringerten Reibung besitzen Trockenschmiermittel sehr gute Eigenschaften gegen Verschleißerscheinungen, wodurch sich die Wartungsintervalle verlängern, jedoch nicht komplett ausgeschlossen werden können. Um die Funktion der Schiene zu gewährleisten, ist in einigen Fällen eine Nachbeschichtung notwendig, welche direkt bei der Wartung durchgeführt werden kann. Ob die Verwendung des Lacks die Funktion verbessert und gleichzeitig die Lebensdauer der Schiene optimiert, muss durch Langzeittests ermittelt werden, die allerdings nicht Teil dieser Arbeit sind.

## **5 Zusammenfassung und Ergebnis**

### **5.1 Zusammenfassung und Variantenvergleich**

Für einige der untersuchten Varianten wurden während der Ausarbeitung Funktionstests durchgeführt und bildlich festgehalten. Diese Bilder sind in Anlage 3 chronologisch aufgeführt und mit kurzen Bemerkungen versehen. Das Liftsystem ist nicht enthalten, da die Konstruktion für einen Testaufbau zu umfangreich wurde und somit lediglich einem Gedankenexperiment unterliegt.

Grundlegend ist die Funktionsweise des Liftsystems jedoch die bevorzugte Variante, denn sie bietet den größtmöglichen Komfort, welcher neben der Füllmenge ein weiterer positiver Aspekt für den Kunden ist. So lassen sich die Chipkarten durch die automatische Einordnung und dem zweigeteilten Behälter leicht zur Umlagerung entnehmen. Weiterhin können die Chipkarten den Vorgängen bei Problemen leichter zugeordnet werden, da ein Suchen in einem durchmischten Kartenhaufen entfällt.

Der große Nachteil dieser Ordnung ist die komplizierte Fertigung und die Anfälligkeit des Mechanismus. So verursacht ein zu kurzes oder verklemmtes Seil, ein unebener Übergang der Schienenelemente oder eine verklemmte Auflage eine Störung, wodurch die Chipkarten nicht mehr ordnungsgemäß abgelegt werden können. Die Folge wäre eine Staubildung, die unbedingt vermieden werden muss. Bei der Fertigung ergeben sich weitere Schwierigkeiten, denn die notwendigen Genauigkeiten bei den Teilen können vom aktuellen Lieferanten nicht eingehalten werden, wodurch ein neuer Lieferant ausfindig gemacht werden muss und somit mit einer Kostenerhöhung zu rechnen ist.

Die Funktionsweise des Magnetismus wurde überschätzt. Die Beschaffung und Montage der Magnete spielte dabei keine Rolle, denn Firmen wie ThyssenKrupp oder IBS Magnet stellen Magnete in sämtlichen Formen und Stärken<sup>19</sup> her. Selbst die umliegenden Komponenten besitzen mittlerweile eine gute Verträglichkeit gegenüber statischer Aufladung und Magnetismus, wodurch die Auslegung der Magnete auf die Anziehung der Chipkarten beschränkt werden konnte. Doch mit Hilfe erster Tests wurde schnell klar, dass das Erzeugen einer Ladung nach dem Austritt aus dem Chipkartenleser technisch nicht möglich ist und somit eine Reaktion auf die Magnete nicht erfolgt.

Das vergleichsweise einfache Prinzip des Ablensystems hingegen, stellte sich als durchaus brauchbare Alternative heraus. Dabei diente die Idee der Querstrebe als Grundlage und wurde durch die Erkenntnisse aus dem Liftsystem mit einer Schiene als Transportmittel erweitert. Die Fertigung erfolgt durch den üblichen Lieferanten und kann

---

<sup>19</sup> Form: Quadrat, Rechteck, Kreis bzw. Würfel, Quader, Zylinder, Kugel  
Feldstärke: 220 – 320 kA/m

somit ohne weitere Umstände in die Produktionsaufträge mit einfließen. Durch die Verwendung des Gleitlacks ist zudem die Funktionalität um ein Vielfaches gestiegen, ohne dabei einen nennenswerten Kostenanstieg zu verzeichnen. Ein weiterer Vorteil ist die einfache Integration der Komponente in bereits verwendete Automaten. Einzig der Verschleiß bleibt zu berücksichtigen und muss noch in Langzeittests ermittelt werden.

Nach den entsprechenden Kriterien und der Zusammenfassung zeigt Tabelle 9 die einzelnen Bewertungen. Das Liftsystem weist dabei den schlechtesten Schnitt aller Varianten auf, stellt jedoch bei der Funktionalität den Primus dar. Der Magnetismus überzeugt hingegen, ebenso wie die Ablenksysteme, in der Fertigung und bei der Anfälligkeit. Die nicht vorhandene Funktionalität dieser Variante schließt sie jedoch für weitere Betrachtungen aus. Die Ablenksysteme überzeugen auf Grund ihrer einfachen Bauweise und der geringen Anfälligkeit. Im Vergleich zum Liftsystem müssen bei der Funktionalität jedoch Abstriche in Kauf genommen werden, da die Chipkarten weiterhin ungeordnet im Behälter gesammelt werden.

Variantenvergleich						
Variante	Wirtschaftlichkeit		Montage	Funktionalität	Anfälligkeit	Ergebnis
	Fertigung	Beschaffung				
Liftsystem	--	-	--	++	--	-----
Magnetismus	o	+	-	--	+	-
Querstrebe	++	++	-	-	++	+++++
Aufsatz	++	+	++	+	o	+++++

Tabelle 9: Variantenvergleich (Bewertung:++ sehr gut, + gut, o zufriedenstellend, - schlecht, -- unbrauchbar)

## 5.2 Ergebnis

Trotz oder gerade wegen des simplen Prinzips der Ablenksysteme, haben sie sich durchsetzen können. Auf Grund der besseren Funktionalität des Aufsatzes, bei dem die Tiefe des Behälters besser ausgenutzt wird und die Integration in bestehende Systeme ohne weitere Eingriffe möglich ist, fällt die Wahl schließlich auf diese Variante. Bevor eine Integration stattfinden kann, muss der Aufsatz einige Tests durchlaufen. Im letzten Kapitel wird der erste Funktionstest am Testplatz dokumentiert. Das Bestehen dieses Tests ist die Grundvoraussetzung für die Aufnahme in die Dokumentation des GEAHM.

### 5.3 Funktionstest und Ausblick

Für den Funktionstest war die Fertigung des Aufsatzes notwendig. Dazu war eine Fertigungszeichnung anzufertigen, welche mit Hilfe des CAD-Programms SolidWorks 2009 (6) erstellt wurde. Neben der Zeichnung mit den wichtigsten Maßangaben, ist für die Laserbearbeitung eine Zeichnung abzuleiten, welche den Aufsatz abgewickelt darstellt. Die erstellten Zeichnungen sind der Anlage 7 zu entnehmen. Um den Fertigungsauftrag einordnen zu können, wurde eine Zeichnungsnummer vergeben, welche sich in das aktuelle Nummernsystem eingliedert. Der Aufsatz wird dabei als Unterbaugruppe des Chipkartenbehälters eingeordnet. Neben der Fertigung des Blechteils war weiterhin der Gleitlack zu bestellen.

Nach der Lieferung der Komponenten erfolgt die Vorbereitung, bei der der Gleitlack auf die Schiene aufgebracht werden muss. Wie bei jeder Lackierung ist dazu eine Vorbehandlung von Nöten. Die Schiene wird dabei als Erstes poliert, wobei eine 100er Körnung Verwendung findet, anschließend entfettet und von Schmutzpartikeln befreit. Nach der Vorbehandlung kann der Gleitlack aufgesprüht werden (laut Herstellerangaben wird eine Trockenfilmstärke von 5 bis 20  $\mu\text{m}$  empfohlen). Nach der Trocknung kann der Aufsatz ohne weitere Behandlung am Chipkartenbehälter aufgesteckt werden.



Abbildung 19: Testaufbau

Daraufhin folgte der erste Funktionstest. Um ein aussagekräftiges Ergebnis zu erhalten, wurden unterschiedlichste Chipkarten, unter anderem Lackierte und Unlackierte, verwendet. Die ersten Versuche endeten jedoch nicht so vielversprechend, wie es in den Kapiteln zuvor ermittelt worden ist, woraufhin die Anordnung des Aufsatzes verändert wurde. Schließlich konnte ein zufriedenstellendes Ergebnis dokumentiert werden. Der Grund für die anfänglichen Fehlversuche, war eine zu geringe Entfernung zwischen der

Schiene und dem Auswurf des Chipkartenlesers, sodass es nicht zu einem Aufbau des Luftpolsters kam.

Dem erfolgreichen Funktionstest folgte ein Dauertest, mit dem die zu erreichende Füllmenge kontrolliert werden konnte. Dieser Test zeigt schlussendlich, ob der Aufsatz jene Optimierung ist, welche die Füllmenge von 1.500 Chipkarten ermöglicht.



Abbildung 20: Ergebnis des Dauertests

Es zeigte sich jedoch, dass die Schiene zu weit in den Automaten hineinreicht, sodass der vordere Teil nicht genutzt werden kann. Weiterhin reicht das Ableitblech des Aufsatzes zu weit in den Innenteil des Behälters, sodass sich die Chipkarten an diesem zeitig verkannten (siehe Abbildung 20) und somit die nachfolgenden Chipkarten blockieren. Daraus folgte eine Fehlfunktion bei ca. 600 Chipkarten, weshalb weitere Überlegungen folgen müssen. Der Dauertest zeigt jedoch, dass die Stapelung verhindert werden konnte.

Das Verkannten der Chipkarten ist ein Problem, welches nicht verhindert werden kann, denn durch den unkontrollierten Fall und dem zu breiten bzw. schmalen Behälter kommt es zu Anhäufungen und Verkantungen, welche die folgenden Chipkarten beim Fall behindern. Dieses Phänomen trat ebenfalls bei der Querstrebe auf. Im Gegensatz zum Prinzip der Querstrebe, kann der Aufsatz optimiert werden, wobei das Problem der unvorteilhaften Verteilung gleichfalls gelöst werden kann. So soll ein Test mit verkürzter

Schienenlänge zeigen, ob die bessere Ausnutzung des Behälters eintritt oder eine andere Variante gefunden werden muss. Sofern der Test positiv verläuft, können sämtliche bestehende Automaten mit dem Aufsatz bestückt werden.

## Anlagen

1. Datenblatt der motorischen Chipkarten-Kontaktiereinheit 869 (Auszug)
2. Datenblatt über PMMA
3. Fotografische Dokumentation
4. Zugkrafttabelle für Neodym-Magnete (Auszug)
5. Produktinformation über Anti-Friction-Coatings (Auszug)
6. Technische Zeichnung des Aufsatzes



*Motorische Chipkarten-Kontaktiereinheit 869*  
*Motorized Chip Card Acceptor 869*

**ddm**  
**hopt+schuler**

**2.0 Mechanische Kennwerte**

*Mechanical characteristics*

**Mechanische Eigenschaften**

- Geschwindigkeit 200 mm/sek.
- Abmessungen (26 x 62 x 125 mm) Einbaulage beliebig
- Lebensdauer 0.5 Mio. Zyklen

**Mechanical Characteristics:**

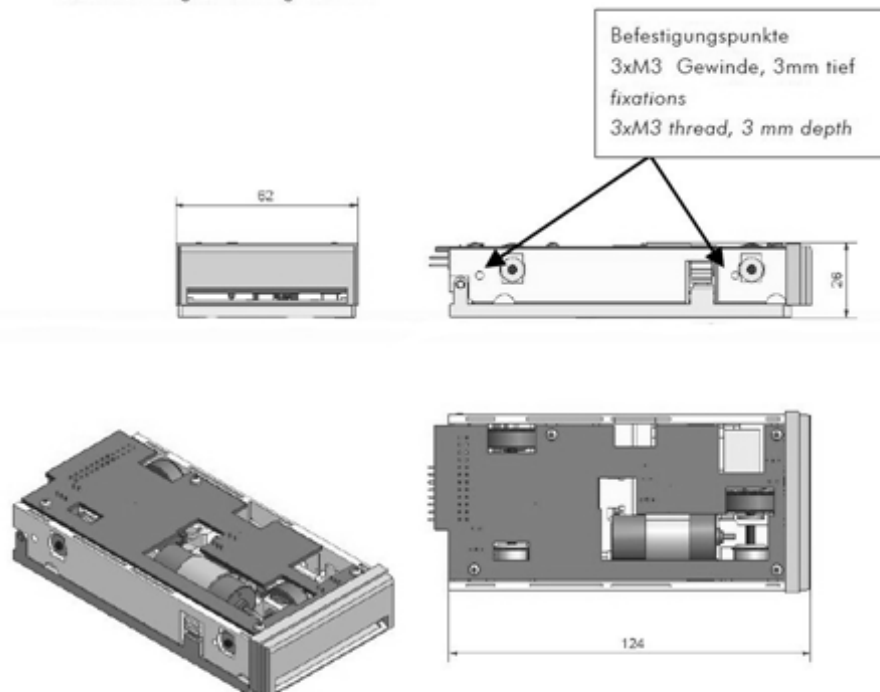
- speed 200 mm/second
- compact design (26x62x125mm)
- lifecycle 0.5 million cycles

**2.1 Abmessungen**

*Dimensions*

Seitliche Befestigung im Gehäuse OT 60 mm

Side mounting in housing 60 mm



<b>ACRYLGLAS - TECHNIK</b> <b>Werner Winkler</b>			
<b>Technisches Datenblatt von:</b>  <b>Acrylglas E (PMMA) extrudiert</b>			
<b>Bezeichnung:</b>		<b>DIN</b>	<b>ISO</b>
Brennverhalten nach DIN 4102	B2	DIN 4102	
Brennverhalten UL-Standard 94 bei 3,2 mm	HB	UL 94	
Dichte	1,19 g/cm <sup>3</sup>	DIN 53479	ISO 1183
Lichtdurchlässigkeit ( 3mm )	92%	DIN 5036T3	
Wasseraufnahme bei Sättigung im Normalklima (23°C, 50% rel. Luftfeuchte)	0,66%	DIN 53715	ISO 1110
Wasseraufnahme bei Sättigung im Wasser bei 23°C	1,95%	DIN 53495	ISO 62
Wasseraufnahme nach 24h Lagerung im Wasser bei 23°C	25 mg		ISO 62
Wasseraufnahme nach 96h Lagerung im Wasser bei 23°C	65 mg		ISO 62
<b>Bearbeitung:</b>			
Bedrucken	ja		
Kleben	ja		
Lackieren	ja		
Warmverformen	ja		
<b>Beständigkeit:</b>			
Heißwasser / Wasserdampf	nicht beständig		
Laugen konzentriert	nicht beständig		
Laugen verdünnt	bedingt beständig		
Säuren konzentriert	nicht beständig		
Säuren verdünnt	bedingt beständig		
UV-Stabilisierung	beständig		
<b>Elektrisch:</b>			
Dielektrischer Verlustfaktor	0,06	DIN 53483	IEC 60250
Dielektrizitätszahl bei 1 MHz	3,7	DIN 53483	IEC 60250
Durchschlagsfestigkeit	30 KV/mm	DIN 53481	IEC 60243
Kriechstromfestigkeit Stufe KC	600	DIN 53480	
Spezifischer Durchgangswiderstand	Ohm x cm 10 ^ 16	DIN53482	IEC 60093
Spezifischer Oberflächenwiderstand	Ohm 10 ^ 14	DIN 53483	IEC 60167

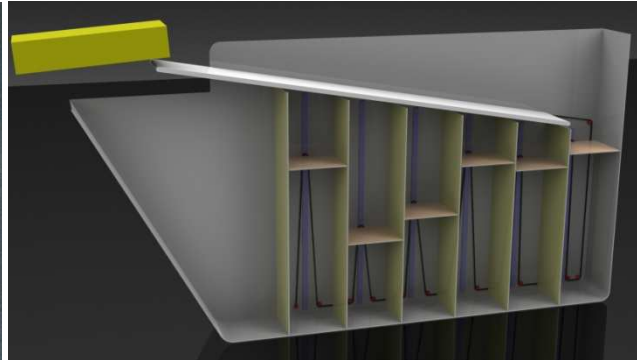
<b>ACRYLGLAS - TECHNIK</b> <b>Werner Winkler</b>			
<b>Technisches Datenblatt von:</b> <b>Acrylglas E (PMMA) extrudiert</b>			
<b>Mechanisch:</b>			
Biegefestigkeit	120 Mpa		ISO 178
Bruchdehnung	4%		ISO 527
Charpy Kerbschlagzähigkeit	2 kJ/m <sup>2</sup>		ISO 179
Charpy Schlagzähigkeit	17 kJ/m <sup>2</sup>		ISO 179
Kugeldruckhärte	200 MPa		ISO 2039-1
Rockwellhärte	m-Skala M 92		ISO 2039-2
Zug E-Modul	3200 MPa		ISO 527
Zugversuch (Probekörper Typ 1-B) Prüfgeschwindigkeit	20 mm/min		
Zugfestigkeit	70 MPa		ISO 527
<b>Thermisch:</b>			
Wärmeleitfähigkeit	0,19 W/m*K)	DIN 52612	
Vicat- Erweichungstemperatur VST B/50 (50°C/h; 50 N)	100°C		ISO 306
Wärmeformbeständigkeit HDT-A (1,80 Mpa)	97°C	DIN 53461	ISO 75-2
Dauergebrauchstemperatur 20.000h	70°C	DIN 53446	
Dauergebrauchstemperatur unterer Grenzbereich	- 30°C		
Gebrauchstemperatur kurzzeitig	85°C	DIN 53446	
Thermischer Längenausdehnungskoeffizient	0,7 1/K10 <sup>-4</sup> (-4)		

Für die oben genannten Daten kann keine Haftung von Schäden und Folgeschäden übernommen werden. Druck und  
Stand 01.06.2006

## Anlage 3 - Fotografische Dokumentation (Seite 1/1)



Ursache der geringen Füllmenge: Stapelbildung



3D-Skizze des Liftsystems: Komplizierte Fertigung und Montage, sowie Problem beim Einfahren der Schiene

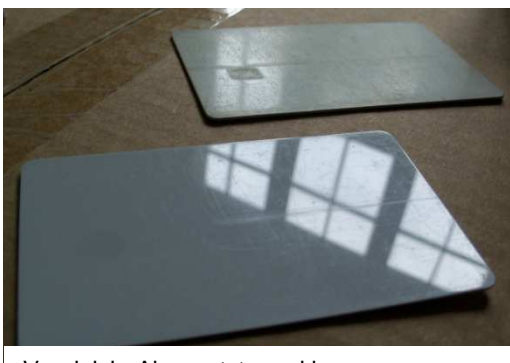


Test des Aufsatzes: Test des Einflusses des Ablenkblechs am Model

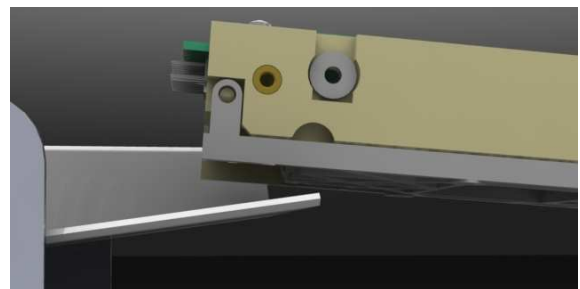
Test der Querstrebe: Verringerung der Stapelbildung, jedoch zu geringe Ausnutzung des Platzangebots



Test des Aufsatzes: Erste Funktions- und Dauertests zeigen Optimierungsmöglichkeiten



Vergleich: Abgenutzte und krumme Chipkarten beeinflussen das Gleiten



Einbau: Lage der Komponenten zueinander

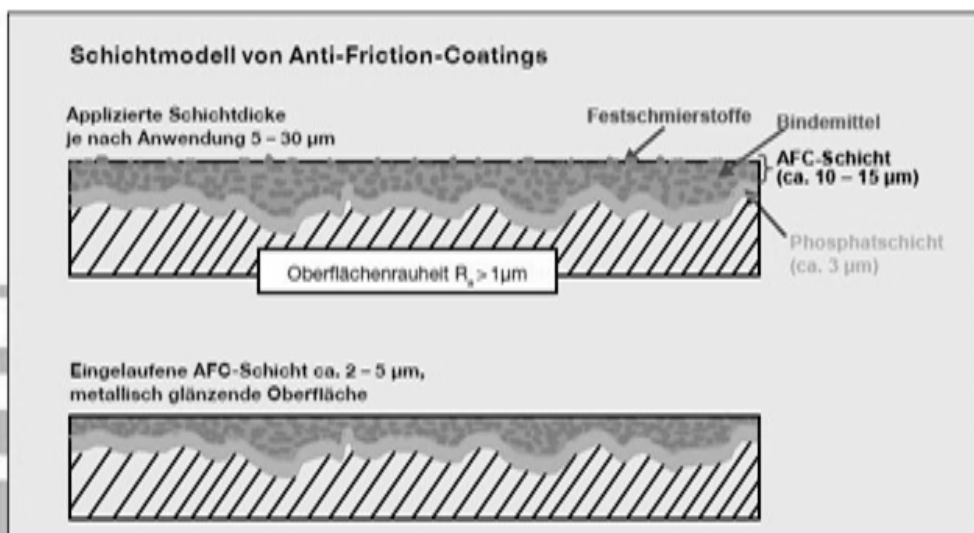
Anlage 4 - Zugkrafttabelle für Neodym-Magnete (Seite 1/1)

		Br		Hcb		Hcj	(BH)max		TW* °L/D=0,7
		T KGs		KA/m KOe		KA/m KOe	KJ/m³ MGOe		
		Max	Min	Max	Min		Max	Min	°C
1	N35	1.21	1.17	899	876	≧955	279	263	≧80
		12.1	11.7	11.3	11.0	≧12.0	35	33	
2	N38	1.26	1.22	923	876	≧955	303	287	≧80
		12.6	12.2	11.6	11.0	≧12.0	38	36	
3	N40	1.29	1.26	923	876	≧955	318	303	≧80
		12.9	12.6	11.6	11.0	≧12.0	40	38	
4	N42	1.33	1.30	926	876	≧955	334	318	≧80
		13.3	13.0	11.6	11.0	≧12.0	42	40	
5	N45	1.37	1.33	926	876	≧955	358	342	≧80
		13.7	13.3	11.6	11.0	≧12.0	45	43	
6	N48	1.42	1.36	926	876	≧955	382	358	≧80
		14.2	13.6	11.6	11.0	≧12.0	48	45	
7	N50	1.45	1.41	907	828	≧876	398	382	≧70
		14.5	14.1	11.4	11	≧11.0	50	48	
8	N52	1.48	1.44	907	828	≧876	414	394	≧70
		14.8	1.48	11.4	10.5	≧11.0	52	49.5	
9	N35M	1.21	1.17	915	892	≧1114	279	263	≧100
		12.1	11.7	11.5	11.2	≧14	35	33	
10	N38M	1.26	1.22	931	907	≧1114	303	287	≧100
		12.6	12.2	11.7	11.4	≧14	38	36	
11	N40M	1.29	1.26	947	907	≧1114	318	303	≧100
		12.9	12.6	11.9	11.4	≧14	40	38	
12	N42M	1.33	1.30	947	907	≧1114	334	318	≧100
		13.3	13.0	11.9	11.4	≧14	42	40	
13	N45M	1.37	1.33	955	907	≧1114	358	334	≧100
		13.7	13.3	12	11.4	≧14	45	42	
14	N48M	1.42	1.36	955	907	≧1114	382	358	≧100
		14.2	13.6	12	11.4	≧14	48	45	
15	N33H	1.17	1.14	876	820	≧1353	263	247	≧120
		11.7	11.4	11	10.3	≧17	33	31	
16	N35H	1.21	1.17	907	860	≧1353	279	263	≧120
		12.1	11.7	11.4	10.8	≧17	35	33	
17	N38H	1.26	1.22	947	907	≧1353	303	287	≧120
		12.6	12.2	11.9	11.4	≧17	38	36	
18	N40H	1.29	1.26	947	907	≧1353	318	303	≧120
		12.9	12.6	11.9	11.4	≧17	40	38	
19	N42H	1.33	1.30	947	907	≧1353	334	318	≧120
		13.3	13.0	11.9	11.4	≧17	42	40	
20	N44H	1.36	1.33	947	907	≧1274	350	334	≧110
		13.6	13.3	11.9	11.4	≧16	44	42	



## Die Vorteile von Anti-Friction-Coatings

- Verminderung von Reibung und Verschleiß
- Konstante Reibungszahlen mit sehr geringer Streuung
- Einsatz unter extremsten Bedingungen wie z. B. Temperatur, Vakuum und Staub
- Die Temperaturbeständigkeit reicht je nach Typ von  $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$  bis  $+650\text{ }^{\circ}\text{C}$
- In vielen Fällen Lebensdauerschmierung ohne Öl und Fett
- Unterstützung der Öl- oder Fettschmierung und dadurch verbesserter Einlauf von Maschinenelementen und Notlaufeigenschaften
- Geeignet für alle Werkstoffe wie Metalle, Kunststoffe, Elastomere und Holz
- Sehr guter Korrosionsschutz
- Lange Lagerungszeiten ohne Alterungseinflüsse
- Mineralöl- und chemikalienbeständige Beschichtungen möglich
- Sauber in der Anwendung – keine Verschmutzung von Reibstelle und Umgebung
- Dekoratives Aussehen
- Verminderung von Schwingungs- Reibverschleiß (Passungsrost)
- Dünne Schichten sind realisierbar ( $5 - 30\text{ }\mu\text{m}$ )
- Die Ergiebigkeit beträgt im Schnitt  $15\text{ m}^2/\text{kg}$
- Gleitlackbeschichtungen sind überlackierbar
- Keine Wasserstoffversprödung
- Verbesserung der Montagemöglichkeiten von Maschinenelementen
- Minimierung des Wartungsaufwandes



## Produkt Information

**DOW CORNING**

# MOLYKOTE® PTFE-N Anti-Friction-Coating

### MERKMALE

- Sehr geringer Reibungskoeffizient
- Farblos, daher nicht färbend

### ZUSAMMENSETZUNG

- PTFE
- Binder
- Lösemittel

### Lufthärtendes Trockenschmiermittel

### ANWENDUNGEN

- Für Gleitschienen aus Gummi, Schiebetüren, Möbelscharniere, Feinmechanik in Büromaschinen und Schiebedachabschlüsse.
- Für die meisten Werkstoffkombinationen wie Metall-/Metall-, Kunststoff-/Metall-, Kunststoff-/Kunststoff-Paarungen bei leichten bis mittelschnellen Bewegungen und mittleren Lasten.

### TYPISCHE EIGENSCHAFTEN

Hinweis für Verfasser von Spezifikationen: Diese Informationen sind nicht für die Erstellung von Spezifikationen vorgesehen. Bitte wenden Sie sich vor der Erstellung von Spezifikationen an Ihre lokale Dow Corning Verkaufsniederlassung.

Norm*	Prüfung	Einheit	Wert
	Farbe		Farblos
	<b>Physikalische Eigenschaften</b>		
DIN 53211/4	Viskosität bei 20°C (DIN4 Prüfbecher)	s	12
DIN 53217/2	Dichte bei 20°C	g/ml	0,87
	Festkörpergehalt <sup>1</sup>	%	23
	Lagerfähigkeit	Monate	24
	<b>Temperatur</b>		
	Gebrauchstemperaturbereich	°C	-180 bis +240
	Trockenzeit bei 20°C	Minuten	5-10
	Härtezeit	min/°C	120/20
	<b>Lasttragvermögen, Verschleißschutz, Lebensdauer</b>		
ASTM-D2714	LFW-1, rotierend <sup>2</sup>		b=6
	F=680 N, n=72 Minuten <sup>21</sup> , v=7,9m/Minuten <sup>2</sup>		p=30
	Anzahl der Umdrehungen x1000 bis μ=0,1 <sup>2</sup>		s=10

1. Rechnerischer Wert.

2. Oberflächen-Vorbehandlung: b=blank, p = phosphatiert, s = sandgestrahlt.

\* ASTM: American Society for Testing and Materials

DIN: Deutsche Industrie Norm

### GEBRAUCHS- INFORMATIONEN

#### Oberflächenvorbereitung

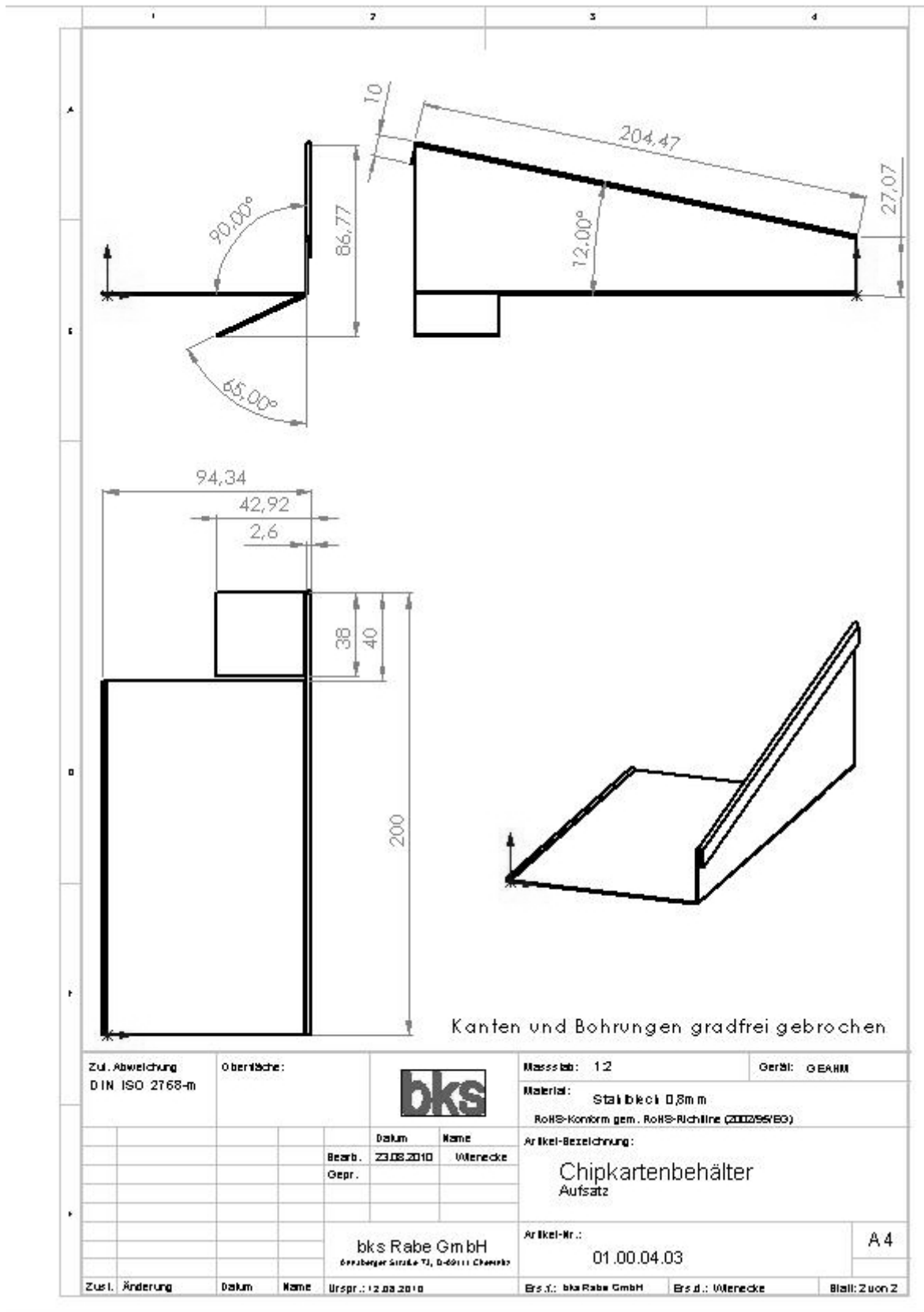
Reinigen und entfetten Sie zuerst die zu beschichtende Oberfläche, die mit MOLYKOTE PTFE-N Anti-Friction-Coating beschichtet wird.  
Phosphatierung oder Sandstrahlbehandlung (180 Raster)

verbessert Adhäsion und Lebensdauer.

#### Anwendungshinweise

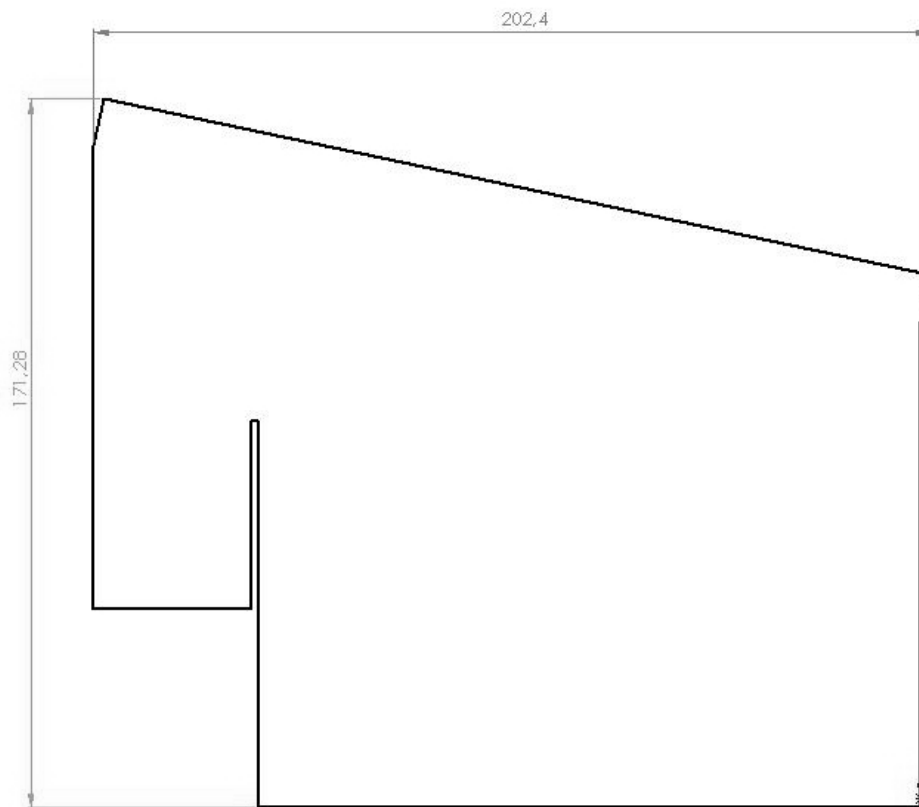
Rühren Sie das Anti-Friction-Coating vor dem Aufbringen durch Sprühen, Eintauchen, Zentrifugieren oder Aufstreichen sorgfältig. Empfohlene Trockenfilmstärke: 5 bis 20μm.

Anlage 6 - Technische Zeichnung vom Aufsatz (Seite 1/2)





Anlage 6 - Technische Zeichnung vom Aufsatz (Seite 2/2)



Teil: 01.00.04.03  
Maßstab: 1:1  
Material: Stahlblech  
Stärke: 0,8 mm  
Stückzahl: 1

# **Literaturverzeichnis**

## **Fachbücher**

- (1) Lindner, H.: Physik für Ingenieure - 14. Auflage: Fachbuchverlag Leipzig, 1996
- (2) Rankl, W.; Effing, W: Handbuch der Chipkarten - 4. Auflage, Hanser, 2002

## **Internetseiten**

- (3) Wikipedia: Geldautomat - <http://de.wikipedia.org/wiki/Geldautomat>, Auffindung am 29.07.2010

## **Software**

- (4) Algoryx Simulation: PHUN - [phunland.com](http://phunland.com) - Public beta v5.27, 2009
- (5) Dessault Systems: SolidWorks Professional 2009 - SP2.1, 2008

## **Selbstständigkeitserklärung**

Ich versichere, die Bachelorarbeit selbständig und lediglich unter Benutzung der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst zu haben. Ich erkläre weiterhin, dass die vorliegende Bachelorarbeit noch nicht im Rahmen eines anderen Prüfungsverfahrens eingereicht wurde.

Chemnitz, den 13.09.10

Ort, Datum

Unterschrift